13º SIACOT Valparaíso-Chile

Material Universal, Realidades Locales

13º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción en Tierra (SIACOT)

28 al 30
AGOSTO
2013

Centro de Extensión Duoc UC,
Edificio Cousiño, Valparaíso.

Memorias

Célia Neves
Francisco Prado
Natalia Joquera
(Editores)

SIACOT 2013

Material universal, realidades locales

Memorias

Trabajos presentados en el
13º Seminario Iberoamericano
de Arquitectura y Construcción con Tierra

Valparaíso – Chile
DUOC/PROTERRA
2013

MEMORIAS DEL

13º SEMINARIO IBEROAMERICANO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Material universal, realidades locales

FICHA CATALOGRÁFICA

720 T253 13º SIACOT

Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 13., 2013, Valparaíso, Chile. Memorias editadas por Célia Neves, Francisco Prado y Natalia Joquera. Valparaíso, CL: Centro de Extensión Duoc; PROTERRA, 2013

ISBN 978-956-353-225-8

1. Arquitectura y construcción con tierra. 2. Técnicas constructivas. I. Neves, Célia. II. Prado, Francisco. III, Joquera, Natalia. IV. Título.

INSTITUCIONES

CONVOCATORIA SIACOT 2013

El 13º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), organizado por la PROTERRA – Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra, tiene como finalidad reunir a los científicos, profesionales y técnicos que trabajan en torno al tema de la arquitectura, conservación y construcción con tierra, interesados por los amplios potenciales de este material. Se trata de una oportunidad de difusión y discusión, donde se evaluarán tanto el estado actual de la investigación científica de los proyectos e innovaciones tecnológicas en marcha, así como los avances globales de la difusión de esta temática.

La elección de la ciudad de Valparaíso - declarada ciudad del Patrimonio Mundial por la UNESCO- para la versión 2013 del SIACOT, representa la oportunidad de conocer el rico patrimonio chileno construido en tierra, presente a lo largo de más de 2500 km de territorio, bajo la más amplia gama de tipologías arquitectónicas y culturas constructivas, y en específico el interesante caso de la famosa ciudad portuaria otrora principal Puerto del Pacífico, en la cual el uso de la tierra cruda ha dado origen a un interesante asentamiento, con una rica y única expresión arquitectónica y donde los sistemas mixtos madera-tierra han permitido la sobrevivencia a los continuos terremotos que azotan uno de los países más sísmicos del mundo como es Chile.

La recuperación de la práctica y de los saberes constructivos entorno al uso de la tierra están en la base de la conservación del patrimonio edificado así como del desarrollo futuro de esta tecnología, donde el mejoramiento tecnológico es esencial en la búsqueda de una respuesta eficaz frente a los sismos, para la preservación del patrimonio y para garantizar la seguridad de las personas. En este sentido, cobrará especial interés el conocer el comportamiento de este tipo de tecnologías constructivas durante el último gran terremoto que azotó Chile el 27 de Febrero de 2010, así como el proceso de reconstrucción y restauración – aún en curso - de cientos de poblados construidos en tierra.

El SIACOT 2013 busca además insertarse en el actual contexto de crisis energética global, donde la tierra juega un rol fundamental como material de bajo consumo energético, con probados beneficios termo-higrométricos y de bajo costo, factores que contribuyen en el ahorro durante la vida útil de los edificios, transformándose en uno de los materiales más adecuados, sobre todo como respuesta al déficit habitacional de los países iberoamericanos.

Por último, este seminario contribuirá además a la formación de recursos humanos técnicos, tanto a nivel profesional como artesanal, mediante la difusión a través de talleres prácticos que permitan la reinserción de estas tecnologías en el diseño y edificación.

O 13º Seminário Ibero-Americano de Arquitetura e Construção com Terra (SIACOT), organizado por PROTERRA – Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra, tem como finalidade reunir cientistas, profissionais e técnicos que trabalham em torno do tema da conservação da arquitetura e construção com terra, preocupado com o amplo potencial deste material. Esta é uma oportunidade para a divulgação e discussão, que irá avaliar tanto o estado atual da investigação científica e inovação tecnológica projetos em andamento, e os progressos gerais da propagação desta questão.

A escolha da cidade de Valparaíso, declarada Cidade Património Mundial pela UNESCO, para celebrar a versão 2013 do SIACOT representa uma oportunidade para descobrir a riqueza do património construído em terras chilenas presente ao longo de mais de 2500 km de território sob a mais ampla gama de tipos de edifícios e culturas construtivas e em particular o caso interessante do outrora famoso porto da cidade, principal porto do Pacífico, onde o uso da terra crua tem conduzido a uma solução interessante, com uma expressão rica e única de arquitetura, onde os sistemas mistos de terra-madeira permitiram que os terremotos que atingiram sobrevivência de um dos países mais sísmicos do mundo, como Chile.

A recuperação do conhecimento prático e ambiente construtivo ao uso da terra são a base da conservação do património construído e ao desenvolvimento futuro desta tecnologia, onde a melhoria tecnológica é essencial na busca de uma resposta eficaz a terremotos, para a preservação do património e para garantir a segurança das pessoas. A este respeito, será particularmente interessado em conhecer o comportamento deste tipo de tecnologias de construção durante o último grande terremoto que atingiu o Chile em 27 de fevereiro de 2010, e o processo de reconstrução e restauração, ainda em andamento, de centenas de aldeias construídas em terra.

O SIACOT 2013 também visa inserir no contexto atual de crise energética global, na qual a terra desempenha um papel fundamental como material energeticamente eficiente, com benefícios termo-higrométricos comprovados e de baixo custo, fatores que contribuem na economia ao longo da vida útil dos edifícios, tornando-se um dos materiais mais adequados, especialmente em resposta ao déficit habitacional em países ibero-americanos.

Finalmente, este seminário irá contribuir ainda mais para a formação de recursos humanos técnicos, profissionais e artesanais, a través da divulgação por meio de oficinas de permitir a reintegração dessas tecnologias na concepção de desenho e construção.

COMITÉ ORGANIZADOR

Arq. Hugo Pereira – Coordinador General – Chile
Arq. Alvaro Riquelme – Duoc UC – Chile
Ing. MSc. Célia Neves – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil
Arq. Loredana Rosso – Duoc UC – Chile
Profa. Dra. Mariana Correia – ESG – FCO – Coordinadora PROTERRA – Portugal
Ing. Mónica Bahamóndez – Centro Nacional de Conservación y Restauración – Chile

COMITÉ EJECUTIVO

Arq. Alvaro Riquelme – Coordinador – Duoc UC – Chile
Arq. Amanda Rivera – Difusión – Chile
Arq. Dra. Natalia Jorquera – FAU Universidad de Chile – Chile
Arq. MSc. Rodolfo Rotondaro – Talleres – UBA/CONICET – Argentina
Arq. Virginia Cisternas – Publicación y difusión – Duoc UC – Chile

COMITÉ CIENTÍFICO

CC. MSc. Francisco Prado G. – Presidente – Pontificia Universidad Católica de Chile – Chile
Arq. Dra. Natalia Jorquera – Secretaria – FAU Universidad de Chile – Chile
Enga. MSc. Célia Neves – Relaciones Públicas – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil
Arq. Alejandro Ferreiro – FARQ/UDELAR – Uruguay
Arq. MSc. Alexandre Mascarenhas – IFMG – Ouro Preto – Brasil
Eng. MSc. Ariel Gonzaléz – UTN Santa Fe – Argentina
Arq. MSc. Cecília López Pérez – Pontificia Universidad Javeriana – Colombia
Ing. Delmy Nuñes – FUNDASAL – El Salvador
Arq. Eduardo Muñoz – Universidad de Antofagasta – Chile
Prof. Dr. Fernando Vela Cossío – Universidad Politécnica de Madrid – España
Arq. Dra. Graciela María Viñuales – Centro Barro/CEDODAL – Argentina
Arq. Hugo Pereira – Coordinador General – Chile
Prof. Dr. Humberto Varum – DEC/UA – Portugal
Arq. Jorge Atria Lannefranque – ICOMOS Chile (Vicepresidente) – Chile
Arq. Dr. Jorge Tomasi – CONICET/FFL/UBA – Argentina
Hist. Juana Font – Fundación Antonio Font de Bedoya – España
Ing. Julio Vargas – PUC Lima – Perú
Arq. Lía Kármelic – Arias Arquitectos Asoc. y Surtierra Arquitectura – Chile
Prof. Dr. Luis Fernando Guerrero – UAX – México
Arq. Marcelo Cortés – Fundación Jofré – Chile
Arq. MSc. Márcio V. Hoffmann – Fato Arquitetura; Taipal construções em terra – Brasil
Arq. MSc. Maria Fernandes – CEAUCP – CdT – Portugal
Profa. Dra. Mariana Correia – ESG – FCO – Coordinadora PROTERRA – Portugal
Ing. Mario Solis – Universidad de Sevilla – España
Arq. MSc. Mirta E. Sosa – CRIATiC/UNT – Argentina
Ing. Mónica Bahamóndez – Centro Nacional de Conservación y Restauración – Chile
Prof. Dr. Obede Borges Faria – UNESP – Campus de Bauru – Brasil
Prof. Arq. Rafael F. Mellace – FAU/CIUNT/UNT - Argentina
Arq. MSc. Rodolfo Rotondaro – UBA/CONICET – Argentina
Arq. Wilfredo Carazas – CRATerre – Perú/Francia –
Profa. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes – UFPI – Brasil

Contenido

Presentación

Coordinación General

Coordinación PROTERRA

Coordinación Duoc UC

Comité Científico

Artículos

DESASTRES NATURALES: EXPERIENCIAS Y OPORTUNIDADES DE DESARROLLO

Artículo Científico

Culturas sísmicas en tierra. Estrategias locales de respuesta al sismo de la arquitectura en tierra chilena
Natalia Jorquera Silva

Técnicas de estabilización sismorresistente para mejorar el comportamiento estructural de edificios históricos de tierra
Tim LG Michiels, Carina Fonseca Ferreira

Alternativas tecnológico-proyectuales para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas espontáneas
Verónica Sirerol, Osvaldo Albarracín, Alicia Pringles

Informe Técnico

Aplicación de los programas de reconstrucción estatales en poblados patrimoniales después del terremoto de Chile 2010. El caso del poblado de Guacarhue y Malloa
Patricio Arias Cortés, Lía Karmelic Visinteiner, Pablo Alvear Pacheco

Reutilización de escombros para la reconstrucción patrimonial en el caso de Chanco, Chile
Renato D'Alençon Castrillón, Miguel Delso Páez, Macarena Guajardo Mavroski

Rehabilitación Casona Viñedos Terra Noble, post sismo 27F2010, región del Maule, Chile
Hugo Pereira Gigogne, Diego Pereira Escobar

Programa de Reconstrucción Patrimonial post 27F. Ministerio de Vivienda y Urbanismo
Andrés Gil Santa Cruz

Reparación y consolidación estructural de la Iglesia la Matriz de Valparaíso
Mauricio Sánchez Faúndez, María José Larrondo Pulgar

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Artículo Científico

Suelo calichal como recurso para la habitabilidad. El caso de Pampa Unión Cantón Central, región de Antofagasta, Chile
Sergio Alfaro, Wagner Fleming, Suyín Chau

Os efeitos da desagregação mecânica dos solos na qualidade das tintas imobiliárias produzidas a base de pigmentos e cargas minerais
Fernando de Paula Cardoso, Anôr Fiorini de Carvalho, Felipe Jacob Pires

Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe com incorporação de “baba de cupim sintética”
Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa, Raquel Maria de Souza, Matheus Pelossi Grillo, Danilo Wisky Silva, Thiago de Paula Protásio, Lourival Marin Mendes

Avaliação teórica de desempenho térmico de paredes de adobe, bloco de concreto e bloco cerâmico

Obede Borges Faria, Célia Neves

Estudio químico para la identificación del aglutinante en muestras arquitectónicas prehispánicas

Yuko Kita, Annick Daneels, Alfonso Romo de Vivar

Prototipo de estufa doble combustión biomásica, eficiencia energética y bajo costo para zonas frías de Argentina

Rodolfo Rotondaro, Pablo Romero, Mónica Tedesco, Alberto Nanami, Mario Ogara, Aurelie Lambert, Diego Tejerina, Sergio Ilief

Comparación ambiental de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y cal

Rubén Salvador Roux Gutiérrez, Luis Guerrero

Informe Técnico

Alternativas tecnológicas para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe

Osvaldo Albarracin, Mary Saldivar, Lucas Garino Libardi

Prototipo de vivienda con muros de tierra vertida y cubierta de bambú. Avances del proyecto

Yolanda Aranda Jiménez, Teresa Sánchez Medrano, Rubén Roux G., Jorge Rivera B., Fabiola San Pedro C.

Muros y cubiertas experimentales de hormigón de tierra estabilizada en Xochimilco, México

Luis Guerrero, Francisco Javier Soria López, Mario Larrondo Shiels

QM2 (Quincha – Mimbre – Mueble): Sistema constructivo ecológico modular con armadura de mimbre y relleno en barro alivianado

Carolina Lavín Loayza, Luis Pablo Barros Lafuente, Gustavo Sarabia Fuentes

Sistema constructivo BTA: Aplicación de la prefabricación a la bioconstrucción

Carlos H. Placitelli

Pintura natural

Irma Quiroz Quinteros

A leveza das habitações modulares feitas de bambu e terra crua: técnicas e métodos

José Luiz Mendes Ripper, João Victor Correia de Melo, Lucas Alves Ripper

Construcción con tierra en áreas urbanas. Propuestas para desarrollar tecnologías sociales en barrios pobres de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina

Rodolfo Rotondaro, Fernando Cacopardo, María Inés Cusán, Griselda Ricciardelli, Carlos Mañá, Natacha Hugó

Monitoreo de revestimientos de muros construidos con tierra. Caso Amaicha del Valle, Tucumán

Mirta E. Sosa, Stella M. Latina, Maria de los A. Castellote, Irene C. Ferreyra, Josefina del H. Chaila

ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA

Artículo Científico

Estrategias para la reducción del impacto ambiental en la edificación con tierra. El caso de una vivienda unifamiliar de tapial construida en el pre pirineo español

Àngels Castellarnau Visús

Habitar el secano mendocino. La tierra cruda como vehículo de habitabilidad

Virginia Miranda Gassull, María Elina Gudiño

Evaluación de desempeño ambiental de construcciones con tierra mediante simulaciones calibradas

Juan Carlos Patrone, John Martin Evans, Ariel González, Germán José Musante

Informe Técnico

Arquitectura vernácula de la región mixteca en el Sur de México. Por el rescate de una tradición constructiva de los pueblos originarios

Ramón Aguirre Morales, Selene Laguna Galindo

Diseños en tierra: entorno, forma y materia

Marco Aresta, Gonzalo Castaño, Giulia Scialpi, Nico Mayer

Envolvente en tierra cruda: una experiencia en sistema constructivo mixto de quincha en el centro turístico CCH, Chillepín, Chile

Cristián Bravo-Araya

Reflexões sobre a sustentabilidade da arquitetura de terra e sua importância para a construção civil

Thaís Márjore Pereira de Carvalho, Wilza Gomes Reis Lopes, Karenina Cardoso Matos

La quincha interna: reinterpretación de un modelo de construcción de la zona central

Virginia Cisternas, Álvaro Riquelme

La construcción del restaurante "Las Cúpulas": una experiencia de autoconstrucción dirigida

Pilar Diez Rodríguez

Proyecto demostrativo contemporáneo en Chile: Pueblito Artesanal de Horcón. Memoria e impacto de una experiencia con la quincha, en el Valle de Elqui

Lucia Esperanza Garzón

Transferencia tecnológica en un proyecto de vivienda sostenible con varias técnicas de construcción con tierra en Subachoque, Colombia

Lucia Esperanza Garzón

Arquitectura en el Desierto de Atacama

Magdalena Gutiérrez Gutiérrez

Nueva Gourna (1945-47). Un ejemplo actual de construcción con tierra

Javier Parra Rodríguez

Autoconstrucción con tierra en ecoaldeas

Juan Carlos Patrone, Sebastián D'Andrea, Hernán Passone

Transferencia tecnológica del sistema constructivo de tapial reforzado a Chile

Hugo Pereira Gigogne

Ecovilla Tunduqueral: Un caso de arquitectura con tierra legalizada en Argentina

Leandro Velez, Carolina Perez

Vivienda rural de adobe tecnificado para las zonas boscosas: una oportunidad de desarrollo para los asentamientos irregulares del Nevado de Toluca

Mercedes Ramírez Rodríguez, Jesús Aguiluz León, Ramón Gutiérrez Martínez

Recubrimientos y acabados con tierra para vivienda del medio rural, eficiencia y sustentabilidad

Pastor Alfonso Sánchez Cruz

Arquitectura contemporânea em terra no SW de Portugal. Significados de um património

Susana Tavares Sequeira

Ecoescuela el Manzano: un referente de sustentabilidad. Evaluación térmica de una construcción en tierra

Ingrid Valenzuela Fernández, Jeannette Roldán Rojas

O emprego de técnicas construtivas com terra na implantação de infraestrutura de saneamento ambiental em áreas periurbanas na América Latina

Ana Cristina Villaça

Precarização da tecnologia: uma análise da construção em técnica mista no agreste alagoano

Natiele Vanessa Vitorino, Odair Barbosa de Moraes

PATRIMONIO Y CONSERVACIÓN

Artículo Científico

El patrimonio y sus transformaciones: una aproximación a la problemática de la conservación de arquitecturas de tierra desde el caso de Coranzulí, provincia de Jujuy, Argentina

Julieta Barada

Preservación y mantenimiento en el sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México

Annick Daneels, Aarón David Piña Martínez

Aditivos orgánicos naturales de uso tradicional y su aplicación en revestimientos de tierra

Isolina Díaz Ramos

La coronación en la arquitectura de tapia. Técnicas constructivas de intervención a través del archivo de Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE)

Lidia García Soriano, Camilla Mileto, Fernando Vegas López-Manzanares

Registro de inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda, en Chile (Resultado investigación tesis DEA, U. de Sevilla)

Lía Karmelic Visinteiner

Rastro y rostros de la arquitectura de tierra en Bogotá-Colombia. Oficios de construcción del siglo XVI al XIX

Cecilia López Pérez

Ensaios de ultrassom em painéis de taipa de pilão visando sua futura utilização na verificação de patologias nessas paredes estruturais em terra

Maria Virgínia Simão Peixoto, Marco Antônio Penido de Rezende

Sismo-resistencia de las construcciones en tierra del santuario arqueológico de Pachacamac

Denise Pozzi-Escot, Katiusha Bernuy, Henry Torres Peceros, Jorge Aching Vásquez

Tipologías y patologías de la técnica del embarrado en Cuba

Fernando Sánchez Rodríguez, Belkis Saroza Horta, Idamnis Monteagudo Rodríguez, Yami Castro Conrado, María del Rosario González Moradas, Duznel Zerquera Amador, Fernando Sánchez García

Arquitectura de tierra en el área andina argentina. El aporte del patrimonio religioso de Noa y Cuyo

Gabriela Santibañez, Juan José De Haro, Julia Linares, Ana Chiarello, Lucas Guzmán Coraita, Stella Maris Cazón

Cubiertas con tierra en el área puneña. Acercamiento a las técnicas y prácticas contemporáneas en Susques (Jujuy, Argentina)

Jorge Tomasi

Intervención estructural en la Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas en Cusco, Perú

Julio Vargas, Rafael Aguilar, Mauricio Gonzáles, Carolina Briceño

Qué hacer con nuestro patrimonio de tierra. Reflexiones y propuestas

Graciela María Viñuales

Informe Técnico

Actualización de los estudios de restauración del Museo Histórico de la Ciudad Remigio Crespo Toral, Cuenca, Ecuador

María de Lourdes Abad, Fernando Zalamea

Diálogos entre ingeniería y el proyecto de restauración. La Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas frente al 27F

Carolina Aguayo Rojas, Eduardo Hurtado Gajardo, Jocelyn Tillería González

Vivienda de quincha en el Valle del Choapa

Felipe Carrasco, Valentina Moreno, Victoria Rozas, Paulina Orellana, Sofía Unda

Arquitetura de terra no Vale Histórico Paulista – Brasil

Andrea Cavicchioli, Maria Salete Perroni, Danilo Pereira Sato, Felipe Souza Neves Andrade

Los tres castillos de Monzón de Campos: descubrimiento y restauración de la Torre-Fortaleza

Pilar Diez Rodríguez

El Centro Histórico de San Juan de Ojojona, una oportunidad de desarrollo local a través de la construcción con tierra en el contexto rural de Honduras, Centroamérica

Javier Parra Rodríguez, Wilda Vanessa Banegas Montoya, Yeni Karoleska Medina Aguilar

Restauración Iglesia San Marcos de Mamiña post sismo 13 Junio 2005, Región de Tarapaca, Chile

Hugo Pereira Gigogne

Restauración Iglesia Santa Lucía de Parca post sismo 13 Junio 2005, Región de Tarapaca, Chile

Hugo Pereira Gigogne

Criterios de intervención, reflexiones en un contexto de reconstrucción

Gunther Suhrcke Caballero

Consolidación estructural de inmuebles construidos con tierra en Colombia. Perspectivas y realidades

Jenny Astrid Vargas Sánchez

LEGISLACIÓN, DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN ASOCIADA AL USO DE LA TIERRA

Artículo Científico

Estratégias bioclimáticas da arquitetura vernácula do sul de Sardenha (Itália)

Maddalena Achenza, Leonardo G.F. Cannas, Ilaria Giovagnorio

Construcción con terrón

Alejandro Ferreiro, Jessica Mesones, Andrea Meynet, Nadia Muñoz, Bruno Palumbo, Catalina Radi, Gabriela Vázquez

El valor de la palabra ADOBE

Juana Font Arellano

Construcción con tierra. Proyectos de difusión y transferencia tecnológica para contexto de emergencia

Clara Giura, Emiliano Cruz Michelena Valcárcel, Simonetta Pagliolico

Evaluación de danos y soluciones para construcciones en tierra cruda. Manual de Terreno. Documento técnico corporación de desarrollo tecnológico

Juan Enrique González Gain, Hugo Enrique Pereira Gigogne

Patrimonio sin ley: amenazas al patrimonio debido a la aplicación de una regulación normativa inapropiada

Pablo González Antezana

La academia como difusora de la tierra cruda: la experiencia en la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá-Colombia

Cecilia López Pérez

Projeto Morada de Barro: promoção do continuun da cultura construtiva tradicional caiçara

Alain Briatte Mancthev, Ligia Perissinoto T. Martins

Solo-cimento e adobe: composição e desempenho

Samantha Orui

Experiencia de proceso de enseñanza – aprendizaje para restauración y construcción con tierra: Iglesia en San Juan, Argentina

Plana María Rosa, Pereyra Arturo

Dinámicas sociales en el uso de arquitectura vernácula para la creación del entorno construido contemporáneo

Natalia Rey Cuéllar

Aportes de la enseñanza de la arquitectura con tierra a la mitigación de riesgos – FAU PUCP

Sofía Rodríguez-Larraín, Teresa Montoya, Julio Vargas-Neumann

Consideraciones para incluir la técnica del tapial en la normativa de tierra peruana

Julio Vargas Neumann

Informe Técnico

El horno de estepa: calor sin leña

María Brown Birabén, Raquel Martínez Fernández, Mariana Mas Gómez

¿Cuáles son las opciones para idear hoy nuestras viviendas? Mirada cruzada entre Suiza y Haití

Elsa Cauderay, Julien Hosta, Marco Sonderegger

Oficina de capacitação de trabalhadores da construção civil na produção de taipa em Atibaia-AP, Brasil

Maria Cristina Erdelyi, Márcio V. Hoffmann

Planificación de procesos comunicacionales para la comprensión y aceptación de las construcciones de tierra por pobladores rurales

Mabel Fábrega, Liliana B. Vega, J. Arturo Pereyra

Interacción Universidad - Comunidad

Ariel González, Jesica Albrecht, Giuseppe Mingolla

Autoconstrucción asistida con tierra

María Carolina Lazzarini, Ariel González

Sistema de difusión y transferencia de la tecnología de adobe reforzado en El Salvador y otras regiones de Centroamérica

Rosa Delmy Núñez, Magda Nohemy Castellanos

Niñas y niños construyendo con tierra: bases de un nuevo paradigma

Griselda Mariana Ricciardelli, Noelia Rivero

Enseñanza en arquitectura e construcción con tierra: experiencias y reflexión crítica en tres universidades latinoamericanas de Argentina, Brasil y Uruguay

Eduardo Salmar, Rosario Etchebarne, Rodolfo Rotondaro

La difusión de la construcción con tierra en internet: las redes arqui-terra

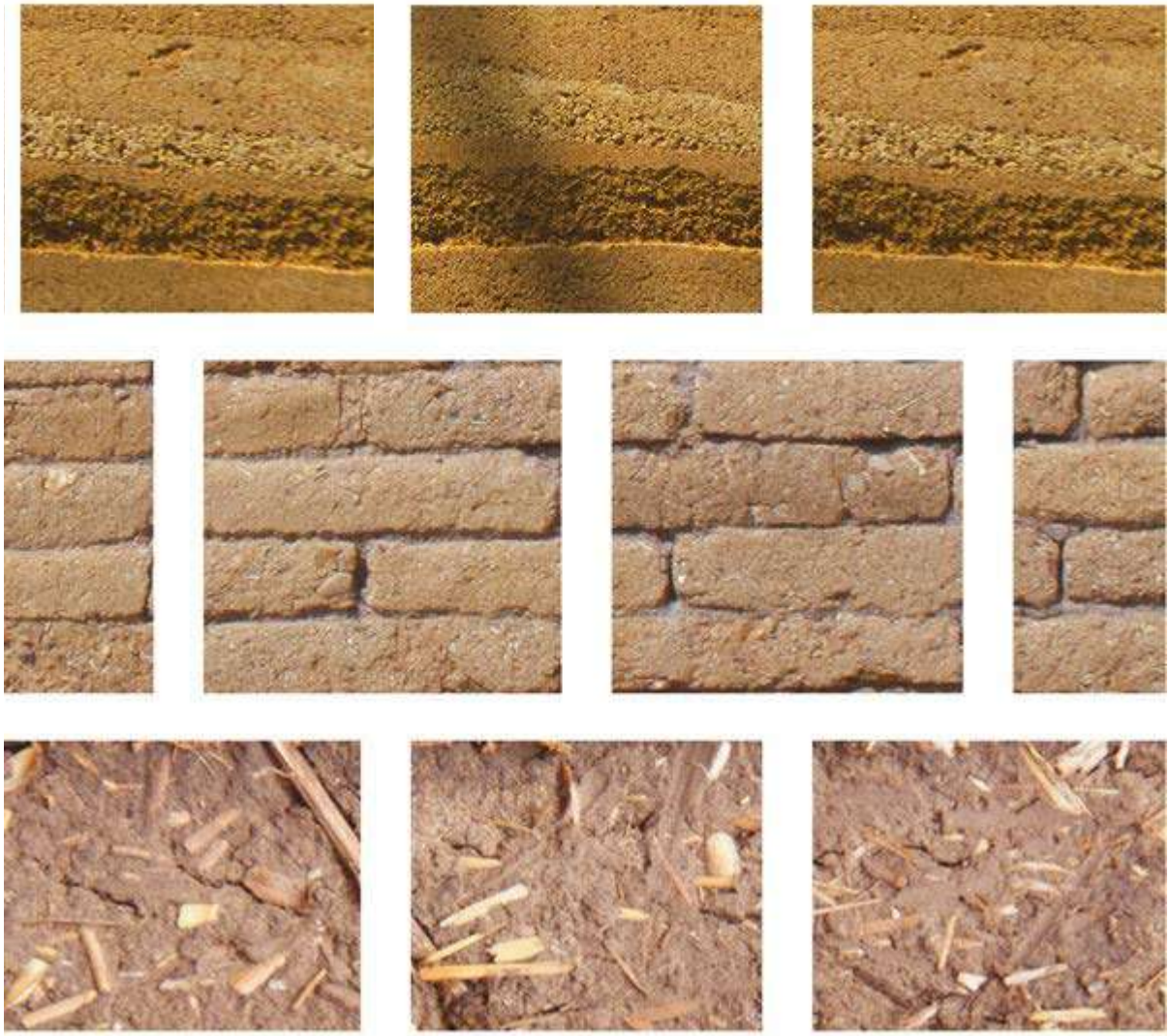
José María Sastre Martín, Raquel Martínez Fernández, Lorena Castañeda, Maria Rosa Juárez, Laurent Coquemont, Rafael López, Rubén Lagunas Tello

Construye Identidad: una propuesta de responsabilidad social interdisciplinaria para la difusión y aprendizaje de la construcción con tierra

Marianne Trauten, Rolando Tafur

Sistema constructivo en tierra: un ejemplo para las políticas públicas como fomento al desarrollo comunitario

Andrea Venegas Torres



PRESENTACIONES

de la Coordinación General

Felizmente, esta 13ª versión del SIACOT viene a desarrollarse en éste finis-terrae, llamado Chile. El magno terremoto de 8.8 Mw, acontecido el 27 de Febrero del año 2010, sería el catalizador de ésta decisión. A partir de éste evento, se producen gravísimos daños en el patrimonio construido en tierra, por lo que el realizar éste seminario en Chile, cobra gran sentido.

Debemos reconocer que la investigación científica y tecnológica de este saber hacer ha sido esporádica y escasa en nuestro territorio. Desde que el español introdujo el adobe en Chile, sumándolo a la quincha de origen prehispánico, los dolores de cabeza en torno a la construcción en tierra no han cesado. A través de un lento proceso de ensayo y error, terremoto tras terremoto desde los albores de nuestra nación, se fue modelando la fisonomía de la gran casona de adobe, de gruesos muros, pocas y pequeñas ventanas con un aspecto medio rechoncho. Todo lo anterior, con exclusiva experiencia empírica. Solo a mediados del siglo XX algunos investigadores, tales como el C.C. Dn. Gastón Barrios Lamarque, profesor de la P.U. Católica de Chile, iniciaron una importante ruta de investigación científica aplicada. Desgraciadamente, ésta línea de investigación en esa casa de estudios superiores fue interrumpida a fines de los años ochenta del siglo XX.

Las grandes destrucciones del pasado desencadenaron una negación del material por parte de profesionales y técnicos del área, especialmente de parte de la ingeniería estructural, a pesar de la fuerte raigambre histórica y cultural que la construcción en tierra tenía y continúa teniendo.

PROTERRA, promotora del SIACOT, se origina en la red HABITERRA (1990-1999) del Subprograma XIV, Tecnologías de Vivienda de Interés Social, a su vez del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Iberoamericano (CYTED). La premisa del programa era que para superar el subdesarrollo se debía transferir conocimiento científico intra-regionalmente enfatizando las innovaciones tecnológicas. PROTERRA se enriqueció posteriormente con el aporte de importantes profesionales individualmente e instituciones amigas tales como CRAterre, el Instituto de Conservación Getty, ICOMOS, entre otras, las que contribuyen con sus particulares experiencias.

Mucho ha sucedido en el intertanto en Chile. Se han importado diferentes técnicas constructivas, las que generalmente no entregan una adecuada respuesta desde el punto de vista físico-ambiental a las condiciones climáticas y de tradición constructiva local. La tierra sigue esperando. Es posible hoy construir en forma segura y sustentable en tierra. Existe la esperanza que se empiecen a integrar este tipo de soluciones, en forma económica, ahorrando recursos energéticos y siempre buscando un factor de identidad cultural, confort térmico y seguridad sísmica.

Hay muchas resistencias para construir en tierra en Chile. Sin embargo, el panorama de crisis energética global y otras consideraciones ambientales debieran propender al desarrollo de éste tipo de tecnología. Más temprano que tarde, se deberá controlar los gastos energéticos en la producción de materiales de construcción y esto sin ninguna duda generará un renacer de la construcción en tierra y técnicas afines.

Por otra parte, el cuidado de nuestro patrimonio arquitectónico obliga al conocimiento de éste material y sus particulares técnicas de restauración y conservación. El patrimonio arquitectónico nacional en tierra, de origen prehispánico, está presente en casi todo el país con una variada gama de soluciones constructivas. Se trata del patrimonio más antiguo y frágil por sus íntimas condiciones físico-mecánicas, la falta de mantención e intervenciones inapropiadas. El último gran remezón de nuestra tierra mencionado anteriormente vino a dejar al descubierto las precarias condiciones en que se encontraban las construcciones en tierra. Afortunadamente esto motivó la generación de normas técnicas patrimoniales en tierra, integrando la labor del Estado y del sector privado como el Instituto de la Construcción. Se ha editado manual de reparación de estructuras en tierra con financiamiento estatal. Sin embargo, las universidades han realizado poco o nada en cuanto a investigación científica.

La celebración de éste seminario, sin duda contribuirá a crear redes de conocimiento locales, a incentivar la investigación científica y tecnológica y a que nuestro profesionales y técnicos actualicen conocimientos en muchas ocasiones e incompletos obsoletos en torno a éste noble material.

Los invito a participar activamente de éste seminario, formulando las preguntas correctas, a estudiar seriamente los excelentes trabajos presentados, a meter las manos en el barro con ocasión de los talleres que se realizarán y a aprovecharla sabiduría de los expertos más preclaros en ésta área del conocimiento por ésta parte del planeta que nos acompañarán, con la certeza, que muy probablemente, este seminario no se repita muy seguido por estos lados de la tierra.

Hugo Pereira Gigogne
Coordinador General
13° SIACOT/ Agosto 2013

de la Coordinación PROTERRA

O 13º Seminário Ibero-Americano de Arquitetura e Construção com Terra realiza-se este ano em Valparaíso, no Chile. O Seminário Internacional é um evento celebrado anualmente pelo PROTERRA, Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra. O SIACOT já se realizou no Brasil, Espanha, Argentina, Portugal, México, Uruguai e Peru. A escolha do Chile para receber o 13º SIACOT era fundamental para consolidar o reconhecimento internacional, do muito já alcançado e realizado pelos distintos profissionais e investigadores de arquitetura e construção com terra no Chile. DUOC aceitou o desafio de organizar com o PROTERRA, este Seminário Ibero-Americano.

PROTERRA é uma rede que incentiva a cooperação técnica e científica no âmbito da arquitetura e construção com terra, e que opera na Península Ibérica e América Latina. Atualmente, a Rede Ibero-Americana tem 116 especialistas e 22 instituições associadas de 18 países ibero-americanos: Argentina, Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Cuba, Equador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Paraguai, Peru, Portugal, Espanha, Uruguai, Venezuela.

A missão do PROTERRA é promover e contribuir para o conhecimento da arquitetura de terra, em: (1) Assentamentos humanos e habitat, em áreas rurais e urbanas, e (2) Diversidade cultural e preservação do conhecimento tangível e intangível. A missão da Rede Ibero-Americana contribui principalmente para a promoção do desenvolvimento sustentável, segundo uma abordagem integrada, que considera o desenvolvimento social e ambiental, a comunidade científica, as dimensões culturais, económicas e técnicas, com a participação da sociedade civil.

Para o desenvolvimento da sua missão, PROTERRA atua no ensino superior, formação profissional, investigação científica, desenvolvimento local, transferência de conhecimento e difusão de tecnologia, difusão de conhecimentos, práticas culturais locais e sensibilização pública. Nos últimos anos, PROTERRA tem desenvolvido atividades dirigidas a: i) Transferência de Conhecimento e Divulgação, através da plataforma Web, identificação de Terminologia, elaboração de Manuais, organização de oficinas, disseminação por meio de conferências e seminários (ex: SIACOT). ii) Consolidado a cooperação institucional: I & D – Investigação e Desenvolvimento, programa WHEAP, cooperação com as instituições associadas (ex. Chaire UNESCO de Arquitectura de Terra), associações nacionais e redes. As atuais atividades em desenvolvimento são: Recomendações relativas às normas; Sensibilização para a mitigação de Riscos; Recomendações Técnicas para a Conservação de Arquitectura de Terra, Atlas Ibero-Americano, e Programa Inter-laboratorial.

Em 2012, PROTERRA foi convidado pelo Centro do Património Mundial da UNESCO, para integrar, como parceiro institucional, o programa UNESCO-WHEAP: World Heritage Earthen Architecture Programme (2007-2017). No contexto Ibero-Americano, a Rede tem alcançado o máximo de resultados, com o mínimo de recursos financeiros. Isto só é possível, graças ao empenho de seus membros.

O nosso agradecimento pela realização do 13ºSIACOT é dedicado à Direção da DUOC, que desde o início se comprometeu a organizar o SIACOT no Chile, ao Comité de Organização, aos Comités Científico, Executivo e Local por todo o seu empenho e aos proterros que se dedicaram tão intensamente à organização do evento. Agradeço em particular à Célia Neves, Hugo Pereira, Monica Bahamondez, Alvaro Riquelme e Loredana Rosso pela sua dedicação constante. Sem eles não teria sido possível.

A todos, muito obrigada.

Mariana Correia
Coordenadora do PROTERRA
Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra
www.redproterra.org

del DUOC UC – Carrera de Restauración Patrimonial

La tierra es un material que ha acompañado a la humanidad desde sus comienzos. El ser humano ha erigido bellas construcciones estructurando y realizando las operaciones necesarias para que este material, junto con la madera y la piedra, conforme notables obras arquitectónicas que son testigo de la evolución y la inventiva de nuestra especie. Los vestigios construidos a lo largo de la historia nos van relatando la constante evolución y es un registro fidedigno de las técnicas logradas por los hombres de un determinado tiempo y tecnología, es de esta forma se transforman en prismas en los cuales viajamos al momento tecnológico cultural del cual son fruto.

Nuestro anhelo como Carrera de Restauración Patrimonial, creada el 2007 en Valparaíso, es dar cuenta de estos testigos del tiempo trascurrido, técnicas tradicionales de construcción en donde la tierra cobra un valor preponderante. En la evolución arquitectónica constructiva de Valparaíso la tierra paso de ser estructura (en gruesos muros de adobe representados en construcciones realizadas en el siglo XIX) a rellenos en versátiles estructuras de madera y acero que debían encaramarse en los cerros, después del terremoto de 1907.

Es por lo anterior, que la materialización del 13º SIACOT, Valparaíso-Chile es un anhelo alcanzado, en donde la transferencia tecnológica del conocimiento ancestral es tomado y es un bloque fundamental por el cual se construye un nuevo paradigma respetuoso de su pasado y sostenible en el tiempo. Estamos conscientes de que este encuentro no solo tiene que ver con el patrimonio, pero sabemos y estamos seguros que la tecnología ancestral es la fuente de inspiración para las nuevas tecnologías y reinterpretaciones y mejoramiento de las futuras.

La tarea es ardua y hay que afrontarla con convicción, cada nueva mirada nos debería acercar un trecho mas hacia la sostenibilidad de nuestro hábitat, lo que a su vez debiera ser el gran objetivo de los próximos 50 años. Bienvenidos al 13º SIACOT.

Arq. Álvaro Riquelme B.
Coordinador Local 13º SIACOT, Valparaíso-Chile.
Restauración Patrimonial Duoc UC

del Comité Científico

El 13° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), promovido por PROTERRA y organizado por el Instituto Profesional Duoc UC de la Pontificia, Universidad Católica de Chile a través de su carrera de Restauración Patrimonial, tiene como finalidad reunir a los científicos, profesionales y técnicos que trabajan en torno al tema de la arquitectura, conservación y construcción con tierra, interesados por los amplios potenciales de este material. Se trata de una oportunidad de evaluación, difusión y discusión, del estado actual de la investigación científica, de los proyectos e innovaciones tecnológicas en marcha, así como los avances globales de la difusión de esta temática.

La presente publicación recoge 94 artículos, originados de 19 países, agrupados en cinco temas

a. Desastres naturales: experiencias y oportunidades de desarrollo

b. Tecnología e innovación en la construcción con tierra

c. Arquitectura contemporánea con tierra

d. Patrimonio y conservación

e. Legislación, difusión y educación asociada al uso de la tierra

Lo anterior permite una visión general de la calidad y diversidad de los trabajos que se están desarrollando en el mundo.

Por otra parte, la participación de nuevos profesionales y equipos de trabajo, así como la investigación y aplicación de nuevas y mejores técnicas y tecnologías que buscan dar solución a los problemas sísmicos y energéticos, tanto en la edificaciones contemporáneas como en monumentos y sitios patrimoniales construidos con tierra, demuestra que los doce seminarios previos y, sin duda el presente, han dado los frutos esperados.

Bienvenidos a la ciudad de Valparaíso, Patrimonio de la Humanidad, bienvenidos a Chile, bienvenidos al 13° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra.

O 13º Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra (SIACOT), patrocinado por PROTERRA e organizado pelo Instituto Profesional Duoc UC da Pontificia Universidad Católica de Chile por meio de seu departamento Restauração Patrimonial, tem como objetivo reunir cientistas, profissionais e técnicos que se dedicam às áreas da arquitetura, conservação e construção com terra, interessados pelo amplo potencial deste material. Trata-se de uma oportunidade para avaliar, divulgar e discutir o estado atual da investigação científica, projetos em desenvolvimento e inovações tecnológicas, bem como a evolução global da divulgação deste tema.

Esta publicação contém 94 artigos de artigos, oriundos 19 países, agrupados em cinco temas:

a. Desastres naturais: experiências e oportunidades de desenvolvimento

b. Tecnologia e inovação na construção com terra

c. Arquitetura contemporânea com terra

d. Patrimônio e conservação

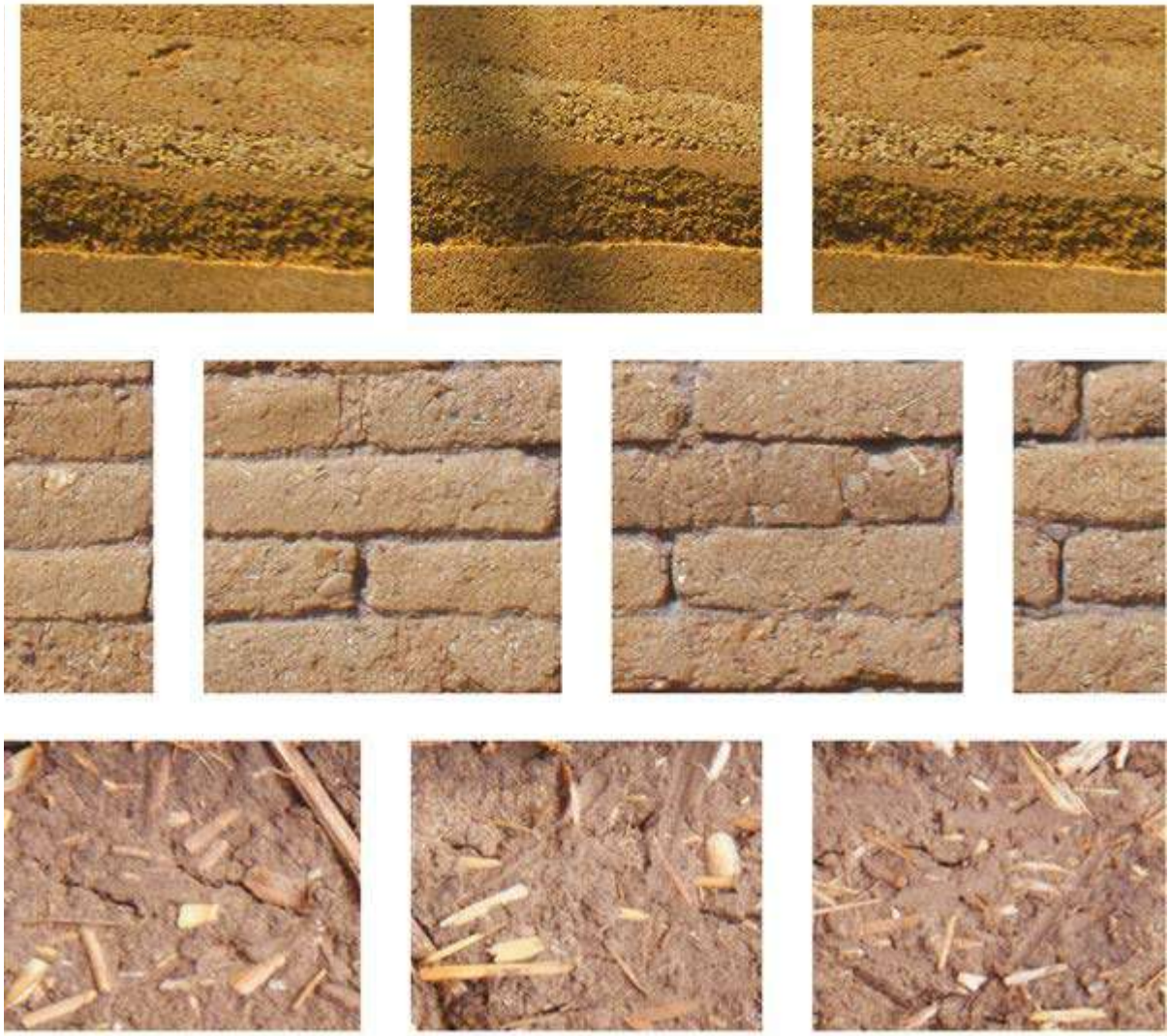
e. Legislação, difusão e educação associada ao uso da terra

Isto permite uma visão geral da qualidade e diversidade dos trabalhos que são desenvolvidos atualmente no mundo.

Além disso, a participação de novos profissionais e equipes, bem como a investigação e aplicação de novas e avançadas técnicas e tecnologias que visam solucionar problemas sísmicos y energéticos, tanto em edificações contemporâneas como em monumentos e sítios patrimoniais construídos com terra, comprovam que os doze seminários anteriores e, sem dúvida, este, deram os frutos esperados.

Bem-vindos à cidade de Valparaíso, Patrimônio da Humanidade, bem-vindos ao Chile, bem-vindos ao 13º Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra

Comité Científico de 13º SIACOT
Valparaíso, Chile



ARTÍCULOS

Desastres naturales: experiencias y oportunidades de desarrollo

CULTURAS SISMICAS EN TIERRA. ESTRATEGIAS LOCALES DE RESPUESTA AL SISMO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA CHILENA.

Natalia Jorquera Silva

Departamento de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Chile.
Avenida Portugal 84, Santiago, Chile
nataliajorquera@uchilefau.cl

Palabras claves: Culturas sísmicas locales, patrimonio en tierra, sismos.

Resumen

El patrimonio arquitectónico de dos tercios del territorio chileno se encuentra construido en tierra. Representante de distintos periodos históricos –desde tiempos precolombinos hasta las primeras décadas del S.XX-, y bajo una amplia gama de tipologías arquitectónicas y tecnologías, este patrimonio ha resistido el pasar del tiempo, y los numerosos eventos telúricos que caracterizan el territorio chileno. ¿Cómo se explica la resiliencia de numerosas viviendas anónimas, iglesias y grandes haciendas construidas en tierra en uno de los países más sísmicos del mundo? La respuesta está en el desarrollo de *culturas sísmicas locales* allí donde la tierra es el material predominante de construcción.

Las culturas sísmicas locales (CSL), constituyen el conjunto de soluciones culturales y constructivas útiles para alcanzar "la estabilidad del ambiente construido", y se desarrollan allí donde los terremotos son endémicos (Pierotti; Ulivieri, 2001), siendo este el caso de Chile, donde los sismos que superan los 7° de magnitud suceden en promedio cada 10 años, registrándose más de 100 terremotos superiores a dicha magnitud desde 1570 a la fecha, según el registro histórico del Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile (1).

Debido a las diferencias geográficas, climáticas y culturales de los más de 4000 km que conforman el territorio chileno, una gran variedad de culturas constructivas y de culturas sísmicas locales se han desarrollado a lo largo de los siglos, donde los frecuentes desastres naturales se han transformado en una oportunidad para el desarrollo de soluciones sismorresistentes utilizando los recursos locales a disposición. Así, desde el extremo andino por el norte, hasta el inicio de las zonas lluviosas en el sur de Chile, piedra, madera y tierra han ido entrelazándose en el tiempo para una mejor respuesta al sismo, conjugando criterios morfológicos, resistentes o de desempeño, según lo permitiera el desarrollo tecnológico local.

La presente ponencia dará a conocer una investigación que se encuentra en su fase inicial, cuyo objetivo es dilucidar cómo cada cultura constructiva en tierra chilena ha enfrentado el problema del sismo a lo largo de su historia. Sobre la base de un primer catastro de la arquitectura tradicional en tierra chilena realizado en la tesis doctoral de la autora titulada *"Culturas Constructivas en tierra y riesgo sísmico"* (2), la investigación identifica las posibles estrategias sismorresistentes y su evolución, para establecer si se puede afirmar que se ha desarrollado o no una CSL. A partir de ello, se analizan las características morfológicas, tecnológicas y estructurales de las tipologías arquitectónicas más recurrentes en el territorio chileno, para reflexionar sobre las estrategias de sismorresistencia de dichos inmuebles que explican su buen o mal comportamiento. Así, el fin último de la ponencia es develar la utilidad de las CSL como herramientas de conservación del patrimonio construido en tierra.

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que un 40% de la arquitectura chilena con valor patrimonial se encuentra construida en tierra (Karmelic, 2009), principalmente en adobe (60%) y técnicas mixtas madera-tierra (40%) que en sus distintas expresiones arquitectónicas van plasmando de identidad a casi dos tercios del territorio chileno, desde el extremo norte (lat.18º,11'S) hasta el inicio de la región del Bío-bío (lat.36º8'S) por el sur, es decir, entre las latitudes donde predomina el clima árido-seco y templado-mediterráneo, coincidiendo además con la zona de la conquista española.

Gran parte de este patrimonio posee varios siglos de vida, existiendo sitios arqueológicos que se remontan a épocas precolombinas, y un vasto patrimonio arquitectónico fruto del largo periodo Colonial (S. XVI-XVIII) y Republicano (S. XIX), con ejemplares monumentales (iglesias y haciendas principalmente) y un numeroso pero anónimo patrimonio residencial de data desconocida, pues se ha ido haciendo y re-haciendo a través de los siglos.

Durante el siglo XX, con la llegada masiva de los materiales industrializados y la creación de las primeras normativas técnicas para la construcción, la utilización de la tierra fue dejándose de lado paulatinamente, dando paso a su estigmatización como material pobre y de "baja resistencia" frente a los terremotos. Específicamente es el terremoto de 1939 con epicentro en la ciudad de Chillán en el sur de Chile, de magnitud 8.3º, el que marcó un antes y un después en la historia de la construcción con tierra, pues fue ahí cuando por primera vez la prensa acusó a una técnica constructiva como la causante de las miles de muertes: *"adobes, ladrillos y vigas aplastaron a miles de personas..."*, *"...de los 3.526 inmuebles, 1.645 se derrumbaron totalmente..."* (Urrutia; Lanza, 1993), y de ellos un 59% eran de adobe. Como consecuencia del terremoto, se modificó la Ordenanza General de Construcciones y Urbanismo (1931), prohibiendo el uso del adobe –y con ello todas las técnicas donde predominase la tierra- tanto para las obras nuevas como para la restauración de aquellas existentes por ser consideradas obras "sin diseño sísmico" (Astroza, sin fecha), excluyendo su uso incluso en los procesos de reconstrucción, lo que ha significado la pérdida sostenida del patrimonio arquitectónico del país.

En este negativo escenario sin embargo, existen aún numerosos ejemplares construidos en tierra, de antigua data, que han sobrevivido al paso del tiempo, silenciosos e inmutables, y muchas veces no documentados. Aquellos sobrevivientes son sin duda los portadores de una cultura sísmica local, y como tal *debieran transformarse en objeto de profundo estudio, pues en ellos pueden encontrarse claves de diseño que inspiren intervenciones sismorresistentes sobre otros inmuebles* (Bahamondez et al, 2011).

En la actualidad, un gran paso está por darse en cuanto a protección del patrimonio construido en tierra se refiere: desde el año 2009 una comisión de expertos –entre los cuales se encuentra la autora- está trabajando en la creación de la primera normativa para regular las intervenciones sobre el patrimonio construido en tierra, la que será además la primera norma para regular las intervenciones en la edificación histórica en Chile: la "NCh3332 Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda- Requisitos del proyecto estructural" se encuentra en su fase final de preparación, y se espera que esté pronta para fines del año 2013.

2. EL CONCEPTO DE CULTURA SISMICA LOCAL

Aunque aún no forma parte de una definición oficial por parte de las instituciones internacionales encargadas de la tutela del patrimonio (UNESCO, ICOMOS, ICCROM entre otras), el concepto de "cultura sísmica local", es cada vez más frecuente en la literatura científica, en una estrecha relación al concepto de "cultura constructiva", pero en lugares específicos donde la acción sísmica es alta (Jorquera, 2012).

Cuando los terremotos son frecuentes y el sufrir sus consecuencias se ha transformado en una experiencia que forma parte de la memoria colectiva de una sociedad, es normal que se tomen ciertas medidas para administrar el riesgo sísmico, las cuales van desde la elección del territorio, a la manera de agrupar las edificaciones, a cómo construirlas, y a la adopción de determinadas conductas sociales (Jorquera, 2012). En palabras simples, en un territorio donde el terremoto es una variable más del ambiente, es necesario aprender a vivir con él.

Según Pierotti y Ulivieri (2001), se debe hacer una distinción entre las sociedades cuyos terremotos son "endémicos", es decir que ocurren con mucha frecuencia, de aquellas que habitan de igual manera en territorios sísmicos, pero donde éstos ocurren a una distancia tal que no permite que la experiencia traumática se traspase de generación en generación de forma directa, y hace por tanto que la sociedad se encuentre menos preparada para

enfrentar el evento, con consecuencias desastrosas mucho mayores. En el primer caso en cambio, donde el terremoto es endémico, el evento se transforma en parte de la experiencia de la comunidad y es parte esencial de la identidad colectiva del grupo, el cual intentará adaptar todos los recursos a su disposición, para lograr la estabilidad del ambiente construido; el resultado es, la creación de una serie de simples reglas no escritas, pero que se pueden leer claramente en la forma urbana, en el diseño arquitectónico y en las características constructivas de los edificios (Dipasquale; Jorquera, 2010).

3. LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA EN CHILE

Se entiende por cultura constructiva, una determinada tecnología arquitectónica desarrollada en un lugar específico, y que constituye no sólo una técnica y un repertorio de materiales, sino un conjunto de soluciones funcionales, constructivas y estructurales que entrelazadas responden al problema del habitar de un grupo humano, donde cada decisión es una síntesis de reglas que reflejan el contexto cultural en el cual nace el edificio (la estructura social, las creencias, las tradiciones, el lenguaje) y ambiental (la geografía, el clima, los recursos disponibles, los riesgos). Por esto, una cultura constructiva esconde un sinnúmero de saberes sobre el lugar, el ambiente y el uso racional de los recursos locales para dar forma al espacio construido (Tonietti, 2010). De acuerdo a esta definición, se puede afirmar que los distintos ejemplos de arquitectura en tierra en Chile forman parte de diversas *culturas constructivas locales*.

En la ya citada tesis doctoral de la autora (3), se llegó a identificar las culturas constructivas cuyo material más abundante es la tierra, tomando como base metodológica para su identificación los siguientes parámetros:

- la existencia de un desarrollo tecnológico, cuyo material predomínate fuera la tierra, asociado a un área geográfica determinada y con características ambientales en común;
- que existieran una o más tipologías arquitectónicas, con una tecnología en común, cuya presencia fuera difusa (es decir, que no se tratase de casos aislados);
- que la tierra fuera el material de construcción predominante y que jugase un rol importante, pero no necesariamente que fuera el único, incluyendo por tanto las tecnologías mixtas;
- que existieran rasgos culturales en común asociados al territorio identificado;
- que los asentamientos se encuentren al día de hoy habitados y con la arquitectura en uso.

Del cruce de esta información, se identificaron seis culturas constructivas, cada una con una extensión territorial distinta (Figura 1), a partir de la cual fue asignado un nombre (Jorquera, 2012). Ordenadas de norte a sur, sus características principales son las siguientes:

- **La *Cultura constructiva Andina*.** Ubicada en la zona andina del Norte Grande (altiplano y valles interiores de la cordillera de los Andes de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta). El nacimiento de la cultura se remonta a épocas precolombinas y se desarrolla ulteriormente durante la Colonia española, siendo la arquitectura el resultado de la fusión de las cosmovisiones andinas y españolas. Su estado de conservación es crítico principalmente a raíz de los cambios sociales ocurridos durante las primeras décadas del siglo XX cuando gran parte de la población abandona los poblados andinos para ir a trabajar en las mineras de la zona. Actualmente la amenaza principal es la escasez de agua, utilizada por las numerosas mineras de la zona que han contribuido a una aún mayor desertificación de los valles, imposibilitando la cultivación y con ello la supervivencia. Los terremotos de los años 2005 y 2007 han empeorado la situación, destruyendo los pocos poblados bien conservados.

- ***La Cultura de "Las salitreras"***. Ubicada en las distintas ciudades mineras del Desierto de Atacama, que basaban su productividad en la extracción del Nitrato de Sodio, apodado "salitre". Estos campamentos mineros nacen a fines del S.XIX y la mayoría de ellos cierra a mediados del siglo XX. Su valor especial es que representan un caso único de arquitectura industrial construida en tierra, utilizando sistemas mixtos hierro-tierra. A nivel cultural representa un caso particular de una comunidad conformada por dos grupos antagónicos: los inversionistas extranjeros dueños de las minas (ingleses y estadounidenses) y los mineros trabajadores pertenecientes a las clases más bajas de Chile. Actualmente resta en funcionamiento sólo la salitrera de María Elena, por lo cual esta cultura está casi extinta, debido a los naturales cambios en los sistemas productivos que han llevado al cierre de la mayoría de los campamentos. El terremoto del 2007 afectó especialmente la ciudad de María Elena, la que estuvo en riesgo de desaparecer completamente, pero que gracias a su pronta declaración como "Zona Típica" (4), ha sido protegida.

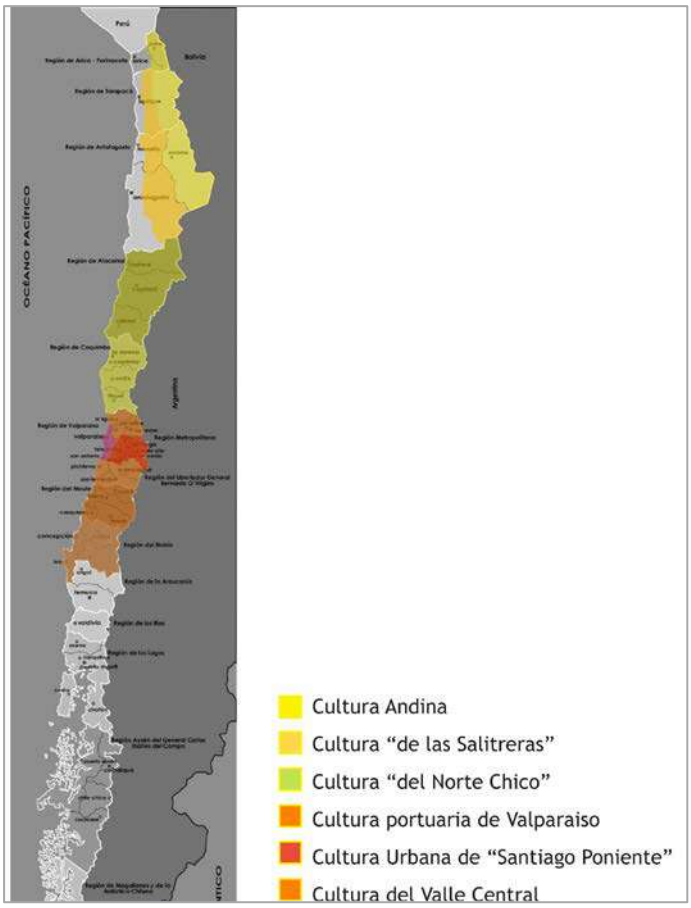


Figura 1. Mapa con las distintas "culturas constructivas" chilenas donde predomina la tierra como material de construcción. (Créditos: Natalia Jorquera)

- ***La Cultura del "Norte chico"***. Ubicada en los oasis de los valles interiores de las regiones de Atacama y Coquimbo. El poblamiento de la región tiene su origen en la cultura precolombina del Molle, pero se consolidó como zona habitada sólo a fines del S.XVII después del auge de la producción agrícola. Esta cultura posee rasgos menos definidos que las otras, pero su lejanía respecto a los centros urbanos ha hecho que se mantenga parcialmente viva, manteniéndose las costumbres legadas a la vida rural y por ende también el uso de las técnicas tradicionales incluso en la arquitectura contemporánea.

- ***La Cultura Urbana de "Santiago Poniente"***. Ubicada en la zona poniente del centro histórico de la capital Santiago. Esta cultura nace a mediados del siglo XIX de la mano de los inmigrantes de distintas partes de Europa que llegan con posterioridad a la Independencia de España, quienes construyeron palacios de varios pisos utilizando técnicas mixtas madera-tierra. De esta cultura subsisten los objetos arquitectónicos, pero no así la

comunidad que le dio vida, ya que ésta emigró hacia los sectores altos de la capital. La amenaza principal a esta cultura ha sido el despoblamiento del centro de Santiago hacia mediados de 1950 y el consecuente deterioro urbano, y por último la gran especulación inmobiliaria que afecta la zonas desde mediados de los años 80's del siglo XX, que al introducir edificios en altura al interior de las manzanas edificadas, ha modificado el comportamiento estructural de los conjuntos habitacionales (Varios autores, 2000). El terremoto del 1985 con epicentro en la comuna de San Antonio, de magnitud 7.8º, y el del 2010 con epicentro en las costas de Cauquenes en la región del Bío-bío, de magnitud 8.8º, produjeron daños graves en alrededor de un 20% de los inmuebles (alrededor de 90 de un total de 450 inspeccionados), los cuales corresponden a viviendas colectivas que ya se encontraban en un estado de gran vulnerabilidad estructural.

- ***La Cultura Portuaria de Valparaíso***. Ubicada en el área histórica de la ciudad de Valparaíso. Nace a mediados del siglo XIX en estrecha relación al intercambio cultural del que fue el principal puerto del Pacífico. La única tipología recurrente son los conjuntos residenciales plurifamiliares de varios pisos, construidos en la técnica mixta a base de un esqueleto de madera y un relleno de *adobillo*, es decir, con un bloque de adobe de dimensiones inferiores trabado entre los pies derechos (5). El decaimiento de la cultura coincide con la apertura del Canal de Panamá en 1914, que relegó al puerto de Valparaíso a un segundo plano, provocando cambios sociales y una gran crisis económica que sólo en los últimos años se está superando, gracias al turismo desarrollado desde la nominación de la ciudad como sitio Patrimonio de la Humanidad en el año 2003.

- ***La Cultura del Valle Central.*** Ubicada en los valles interiores (entre la Cordillera de los Andes y la cordillera de la Costa) de las regiones Metropolitana, de Valparaíso, de O'Higgins y del Maule, siendo la cultura de mayor extensión territorial. Su origen se remonta a las primeras décadas de la Colonización española y está ligada al modelo agrícola-latifundista de producción. A pesar de los cambios sociales y de los sistemas productivos ocurridos a los largo del siglo XX, esta cultura se mantiene bastante viva, manteniendo las ricas tradiciones y todo el patrimonio intangible relacionado con el mundo rural, aunque como ocurre en todo el resto de las culturas, los saberes locales relacionados al uso de la tierra, se han ido perdiendo paulatinamente.

4. ESTRATEGIAS DE RESPUESTA AL SISMO: ¿SE PUEDE HABLAR DE CULTURAS SÍSMICAS LOCALES?

4.1. La acción sísmica en el territorio chileno

Chile posee una de las sismicidades más altas del planeta: *"en promedio en los últimos cinco siglos un terremoto destructor de magnitud superior a 8 se ha producido cada 10 años en alguna parte del territorio chileno"* (Madariaga, 1998). Esta sismicidad se debe a que el territorio chileno *"se encuentra ubicado sobre la placa Sudamericana, cercano al margen convergente que la divide de la placa de Nazca, ubicada al oeste"* sufriendo el fenómeno denominado subducción, donde ambas placas convergen entre 8 a 9 cm al año, pero al estar *"estas placas 'trabadas', acumulan energía hasta que finalmente, esta energía es liberada causando un terremoto"* (Centro Sismólogico Nacional), los cuales son de gran magnitud, de larga duración y con hipocentros a menudo en el océano, por lo que traen consigo la creación de tsunamis que muchas veces son más destructores de los propios terremotos. Cabe destacar además que *ninguna parte de nuestro territorio está libre de sufrir futuros terremotos* (ONEMI, 1986).

El país posee el triste récord de registrar los terremotos de más alta magnitud de la Historia: sólo en el siglo XX más de 30 terremotos superaron la magnitud 7º, destacando los de Valparaíso de 1906 de 7.9°; Talca 1928 de 8.3°; Chillán 1939 de 8.3º; Valdivia 1960 de 9.5°(considerado el más grande terremoto de la Historia). El siglo XXI hizo su debut con los terremotos de Tarapacá de 7.9º en el 2005, el de Tocopilla de 7.7º en el 2007, y el de Cauquenes de 8.8º del 27 de febrero del 2010, considerado el tercero más grande de la historia (después de Valdivia 1960 y Japón 2011).

Independientemente de su magnitud, son los terremotos de la zona central de Chile los más destructivos y recordados, dado que allí se concentra la mayor población del país, como fue el caso del último terremoto del 2010, que azotó las cuatro regiones con mayor número de habitantes, densidad y concentración de las actividades productivas, por lo que significó un gran desastre.

4.2. Estrategias locales para enfrentar el sismo: morfología, resistencia y desempeño

En este contexto altamente sísmico, diversas estrategias de respuesta al sismo han sido adoptadas por cada una de las culturas constructivas, en relación a la disponibilidad de recursos locales que determinan el desarrollo tecnológico de cada región.

A grandes rasgos se puede establecer que existe una estrecha relación entre el factor climático, la disponibilidad de recursos y la estrategia adoptada, lo que se traduce que allí donde el clima es árido-seco y por ende la vegetación es escasa, es casi imposible encontrar en la naturaleza elementos que confieran ductilidad al edificio (maderas, fibras, etc.) y por ende las estrategias adoptadas se basan exclusivamente en lograr el equilibrio jugando con las variables de morfología y resistencia: este es el caso de la arquitectura de la macro región Andina.

En aquellas zonas en cambio, donde el clima templado ha posibilitado el crecimiento de vegetación, aparecen incorporados a la arquitectura, elementos dúctiles que mejoran el comportamiento a la tracción: es el caso de la cultura constructiva del Norte Chico y del Valle Central, donde existe una primera estrategia basada siempre en la morfología y resistencia, y una segunda donde la incorporación de elementos dúctiles complementarios que se “activan” durante el terremoto, ha logrado buenos desempeños a lo largo de la Historia.

Por último, está el grupo donde dada la abundancia de madera -provenientes de los barcos exportadores que desembarcaban en Valparaíso, donde la madera era usada como lastre-, se concibieron edificios donde la estructura primaria es la madera en forma de tabique (6), utilizada sin pretender ahorrar material, y la tierra es empleada como relleno, bajo forma de adobe, mezcla de barro con paja (en el caso de quinchas) o de adobillo. En este caso, el comportamiento dinámico del conjunto depende principalmente de la elasticidad de la madera, es decir, se trata de estructuras que pueden ser sometidas a la tracción y donde la tierra juega el rol de arriostrar los paramentos de muro en el sentido del plano, reduciendo las posibles deformaciones.

5. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ARQUITECTÓNICO-CONSTRUCTIVOS QUE FUNDAN LAS CULTURAS SÍSMICAS LOCALES.

¿Se puede considerar que cada cultura constructiva de tierra chilena es también una cultura sísmica?, ¿qué tan eficaces es cada una de ellas?, ¿cuáles son los elementos arquitectónicos, constructivo-estructurales que han sido tomados en consideración en las estrategias de respuesta al sismo?

Estas preguntas de investigación, conducentes al análisis caso a caso, serán esbozadas a continuación.

5.1. Morfología y resistencia en la Cultura Andina.

La arquitectura de la región andina, está construida principalmente en albañilería de adobe y mampostería de piedra asentada en barro; ambas técnicas han sido utilizadas tanto para la arquitectura residencial como para aquella monumental, cuyo máximo ejemplo lo constituyen las iglesias del altiplano andino. Dada la ausencia de madera en dichas regiones, el secreto de la preservación del patrimonio andino hasta el día de hoy, está en la adopción de una volumetría general de forma ligeramente piramidal –asemejando la venerada *Pachamama* (7) representada por el cerro- (Figura 2), la preferencia de una geometría simétrica y de pequeñas dimensiones, y una alta densidad de muros repartidos uniformemente (Fercovic, 2011) de grandes espesores y muy baja esbeltez (relación

espesor-altura), los cuales muchas veces tienen también secciones piramidales que hacen que cada paramento sea auto-soportante. Mientras las dimensiones de la arquitectura sean pequeñas, bastan estas estrategias para hacerlas sismorresistentes, a medida que crecen en cambio, como en el caso de algunas iglesias, se hace necesario incorporar elementos adosados a los volúmenes principales (contrafuertes, capillas laterales), o bien, el "aterrazar" el conjunto, además de engrosar los muros principales, los cuales en algunos casos llegan hasta 1,5 m de espesor: se trata de un principio más bien estático gravitacional que dinámico (Jorquera, 2010). El comportamiento frente al sismo va a depender de qué tanto se respeten estas reglas, a lo que se suma como factor determinante, la calidad de los materiales empleados y el cómo han sido ejecutadas las técnicas: las albañilerías de adobe suelen comportarse mejor que las mamposterías de piedra irregulares asentadas en barro, ya que en las primeras la regularidad del aparejo, así como la utilización de la misma tierra tanto para los bloques de adobe como para el mortero, confieren un comportamiento unitario al muro; en cambio en las segundas, dada la irregularidad de las piedras ejecutadas sin trabazón, la responsabilidad de que los elementos del muro se mantengan unidos frente a los esfuerzos dinámicos recae exclusivamente en el mortero de tierra, el cual en la mayoría de los casos por poseer muy poca arcilla tiene poca capacidad conglomerante y por tanto, frente a los esfuerzos sísmicos los muros responden desmoronándose.

Figura 2. Modelo "estático gravitacional" que asemeja la forma del cerro. En la imagen a la derecha, la capilla de Nama en la región de Tarapacá. (Créditos: Natalia Jorquera)

5.2. Morfología y ductilidad en la Cultura del Norte chico y del Valle Central chileno

La arquitectura del Norte Chico de Chile y del Valle Central, poseen características arquitectónicas en común, producto del legado colonial español. Se trata de una arquitectura austera, volcada hacia su interior, donde todos los recintos se organizan entorno a patios, de uno o dos pisos máximo, con la diferencia que si en el norte chico proliferan principalmente las viviendas agrupadas continuamente conformando manzanas, en el Valle Central existen además de esos conjuntos de viviendas, las grandes haciendas, conocidas como "Casas Patronales", principal legado español en Chile. En ambos casos, la técnica de construcción predominante es el adobe, aunque dada la presencia de vegetación en los oasis del Norte Chico y en el fértil Valle Central, aparecen también técnicas mixtas, como la quincha en el Norte y la tabiquería de madera rellena con adobe en el Valle Central, no obstante la estructura principal es siempre de adobe.

Las estrategias de respuesta al sismo se basan primero en la morfología, a través de la creación de volúmenes simétricos, grandes espesores de muro, pocos vanos y muros perpendiculares cada cierta distancia para disminuir la longitud flexible de los paramentos mayores; estas estrategias son complementadas con "llaves" de madera (Figura 3) que van intercaladas cada cierto número de hiladas de adobe, y en algunos casos con tirantes que conectan muros perpendiculares entre sí.

En el Valle Central, existen grandes y pesadas cubiertas de tejas, sobre cuya función no existe consenso entre especialistas nacionales e internacionales ni entre las autoridades locales: algunos especialistas sostienen que dicho peso agrava la fuerza sísmica y por tanto debe aligerarse, idea que llevó a que las autoridades locales promovieran el reemplazo de las cubiertas históricas por planchas de zinc, después del terremoto de 1985; otros

especialistas sostienen lo contrario: dicho peso es necesario para que los muros permanezcan juntos frente a las solicitaciones dinámicas. De la observación en terreno de más de 200 casos de viviendas dañadas después del terremoto del 2010, se concluyó que el peso de la cubierta aplasta los muros y provoca colapsos, allí donde las secciones de la estructura de madera son insuficientes para soportar dicho peso y donde además existen elementos en gran estado de pudrición, en cambio en aquellos casos donde la estructura se encuentra bien dimensionada y en buen estado, y sobre todo, donde existe una solera superior de amarre que sirve de apoyo de la techumbre distribuyendo las cargas correctamente a los muros, no se registraron daños graves. Sí se registraron colapsos totales por abertura de muros en las esquinas, allí donde las cubiertas habían sido reemplazadas por zinc. No obstante, este aspecto constituye una discusión aún abierta, sobre la cual queda mucho que investigar.

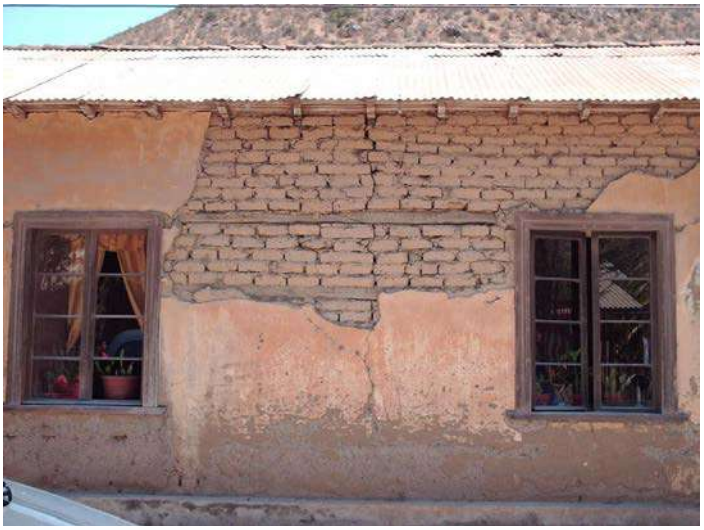


Figura 3. Presencia de las llaves de madera evidenciadas cuando caen los estucos.
(Créditos: Natalia Jorquera)

La concepción de morfología y ductilidad fue llevada a su extremo en las haciendas, pues allí las grandes dimensiones de los recintos hacen que todo el conjunto se encuentre muy solicitado frente a esfuerzos dinámicos, lo cual se ve agravado por la esbeltez de los muros, que muchas veces supera la aconsejable relación 7:1.

Como en todos los casos, la eficacia de estas estrategias depende en gran parte de la correcta ejecución de las obras y de su estado de mantención. Muchas veces es el patrimonio monumental el que mejor ha resistido el paso del tiempo, pues se encuentra bien concebido y ejecutado, en cambio las viviendas, cuya concepción muchas veces se aleja de las reglas del buen construir, y cuya mantención no pueden solventarlas las familias, presentan mayores daños y colapsan durante los terremotos.

5.3. Ductilidad en las zonas urbanas de Santiago Poniente y Valparaíso.

En ambos casos se trata de una arquitectura residencial, agrupada de manera continua formando manzanas, y que dado la utilización de madera como estructura primaria, posee mayores alturas y esbelteces y vanos más grandes.

En el caso de Santiago Poniente, muchas veces el muro perimetral del primer piso es construido en adobe, en cambio los muros divisorios interiores y los del segundo y tercer piso son construidos en tabiquería de madera, rellena con adobe puesto en pandereta y conectado a los pies derechos por medio de alambres (Figura 4). La estrategia de respuesta al sismo se basó por un lado en la utilización de las técnicas mixtas, donde la madera confiere mayor elasticidad a la obra, y por otro, en la concepción de cada palacio como parte de un conjunto estructural conformado por la totalidad de la manzana, haciendo coincidir la altura y dimensión de los diafragmas de entrepiso y las alturas totales, por ello, cuando se demuele un edificio al interior de la manzana, se debilita el comportamiento estructural de todo el conjunto. Un aspecto débil de esta cultura constructiva son las conexiones entre

ambos sistemas constructivos, y entre los componentes de la tabiquería: muchas veces los alambres se oxidan y los adobes se desprenden de la estructura de madera. Se trata entonces de una cultura constructiva que ha desarrollado algunas estrategias de respuesta al sismo, pero que no llegan a formar parte de una cultura sísmica local, pues no poseen una "integridad global" al ser *"nula o débil la unión entre los elementos que forman el sistema estructural, es decir la unión entre los muros, entre los muros y los tabiques divisorios y entre la techumbre y los muros"* (Astroza, 2010).

Figura 4. Detalle del sistema mixto madera-tierra cuya debilidad son las conexiones. (Créditos: Natalia Jorquera)

En Valparaíso en cambio, existe una concepción unitaria de toda la estructura y mejores conexiones entre sus elementos: todos los pisos se encuentran construidos en tabiques de madera, con pies derechos cada 60cm, tanto en muros perimetrales como interiores, y el relleno de tierra ha sido pensado para estar completamente afianzado a la estructura, mediante la creación de un bloque de tierra y paja de dimensiones especiales con dos muescas en ambos extremos, de manera de quedar perfectamente ensamblado a los pies derechos: es el llamado "adobillo" (Figura 5). Este sistema mixto madera-tierra desarrollado con posterioridad al terremoto de 1906 que destruyó completamente Valparaíso, ha permitido responder de manera eficiente a los numerosos terremotos que han afectado la ciudad, no registrándose grandes daños con el último terremoto del 2010. En este caso se está claramente en presencia de una cultura sísmica local.

Figura 5. Detalle del sistema conocido como "adobillo", cuya elasticidad y uniones eficaces han permitido un buen desempeño frente a los sismos. (Créditos: Natalia Jorquera)

5.4. El caso de la ductilidad sin morfología en las Salitreras de María Elena.

Las salitreras de María Elena, corresponden al único caso habitado de los más de cien poblados mineros que existieron entre fines del S.XIX y principios del XX. De todas las culturas constructivas, ésta constituye un caso aparte, pues sus edificios fueron concebidos en el extranjero (USA) e importados al territorio chileno, se trata entonces de un ejemplo de arquitectura industrial que no responde a las necesidades locales. Se trata de grandes galpones, con alturas y esbelteces considerables y muchos vanos, concebidos en adobe y con la particularidad de poseer una segunda estructura conformada por perfiles de fierro, embebida al interior de los muros; cada seis hiladas, aparece sistemáticamente una escalerilla horizontal de metal desplegado (Figura 6) que podrían haber sido utilizadas como amarre entre la estructura de albañilería y la de fierro, sin embargo no es así. Este es un interesante caso donde se puede hipotizar que se intentó realizar una albañilería armada, pero debido al abandono de los principios de morfología y a la desconexión entre ambos sistemas, el resultado no fue óptimo y por ende no podemos hablar de una cultura sísmica.

Figura 6. Modelo que ilustra la inserción de la estructura metálica dentro la albañilería de adobe en la Escuela Consolidada de María Elena. (Créditos: Oficina Surtierra Arquitectura)

6. REFLEXIONES SOBRE LA PÉRDIDA DE LA CULTURA SÍSMICA Y LA UTILIDAD DE SU RECUPERACIÓN.

Analizando los daños producidos en la arquitectura en tierra post-terremotos 2005, 2007 y 2010, se puede afirmar que son muchos los factores que se entrelazan para que una obra llegue a un colapso total: desde una concepción arquitectónica errónea, pasando por la calidad de los materiales empleados, hasta por defectos constructivos, por modificaciones a la estructura original, por falta de mantención y también por alejarse de la cultura sísmica local a la cual pertenece. Algunos obras fueron concebidas ya sin respetar la “gramática” de su contexto, o bien, las sucesivas modificaciones y la falta de mantenimiento fueron alejándose cada vez más del lenguaje adoptado en el tiempo, después de largos ensayos de prueba y error.

Siguiendo la hipótesis desarrollada en la tesis de doctorado de la autora, es la “falta de conocimiento” -más allá de las características intrínsecas del construido- la que aumenta los niveles de riesgo sísmico: no sabiendo el origen, la evolución histórica, las características constructivas ni una mínima comprensión estructural, es imposible predecir el comportamiento de cualquier tipo de edificación histórica. Esto es más grave en el caso de la arquitectura en tierra, donde el “desconocimiento” muchas veces es total, y con la excusa de que se trata de estructuras que colapsan frente a los sismos, no existe un mínimo interés que permita aumentar el conocimiento, y por tanto reducir el riesgo sísmico. En Chile, después de cada terremoto, sólo se difunden aquellos casos de colapso total,

desprestigiando aún más al material y estigmatizando las distintas técnicas, sin preguntarse por el origen del colapso –porque muchas veces las obras son inmediatamente demolidas y por ende no se estudian-, y menos aún se documentan los casos de buen comportamiento . Estudiar, documentar y difundir tanto los ejemplos de mal como de buen comportamiento post-terremoto, es el primer paso para recuperar la cultura sísmica local.

El análisis de las culturas sísmicas detrás del patrimonio edificado puede transformarse en una útil herramienta de conservación preventiva: si se identifica un inmueble como perteneciente a una CSL, y a la vez conocemos las estrategias y elementos claves de dicha CSL, podremos reconocer sus puntos fuertes y débiles y predecir el comportamiento de un inmueble, evaluando cuanto éste se acerca o aleja de la "gramática". A la vez, el conocimiento de la CSL permitiría el promover correctas intervenciones de reforzamiento y/o estabilización de los inmuebles, que respetando y potenciando las estrategias locales de respuesta al sismo, mejoraran su respuesta frente a terremotos futuros, y no como sucede en la actualidad, donde muchas veces las obras de tierra colapsan producto de anteriores intervenciones erróneas.

Los fenómenos naturales, entre los cuales los terremotos, en pasado administrados por las comunidades locales, al olvidarse las culturas sísmicas locales, se han transformado hoy en desastres naturales que amenazan a la población y al patrimonio arquitectónico (Jorquera, 2012); colmar ese vacío cognitivo es una tarea fundamental en cualquier zona sísmica del mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astroza, M. et al. (2010). *Intensidades sísmicas en el área de daños del terremoto del 27 de febrero de 2010*. Santiago: documento docente del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Astroza, M. (sin fecha). *Efectos de los terremotos chilenos en las obras civiles*. Santiago: documento docente del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Bahamondez, M; Contreras, S.; Hurtado, M.; Jorquera, N. y Vargas, J. (2011). *La arquitectura en tierra frente al sismo: conclusiones y reflexiones tras el sismo en Chile del 27 de Febrero de 2010*. En Revista CONSERVA nº16. Santiago: ediciones del Centro Nacional de Conservación y Restauración de la DIBAM, p.39-54.

Dipasquale, L.; Jorquera, N. (2011) Learning from local seismic cultures, as a strategy for reducing the risk of cultural heritage. En *Safeguard of cultural heritage. A challenge from the past for the Europe of tomorrow*. Florencia: ed COST, pp.116-117.

Fercovic, G. (2011). Criterios de intervención estructural. En Varios autores. *Iª Reunión técnica Iglesias del Altiplano: intervenciones arquitectónicas y arqueológicas en los Monumentos Nacionales*. Santiago: Ediciones Cuadernos del Consejo de Monumentos Nacionales.

Jorquera, N. (2012). *Culturas constructivas en tierra y riesgo sísmico. Conocimiento de la arquitectura tradicional chilena y evaluación de su vulnerabilidad frente a los sismos.* Tesis de Doctorado. Departamento de Tecnología de la Arquitectura, Universidad de Florencia, Italia.

Jorquera, N. (2010). Las iglesias del altiplano: un modelo de fusión entre el mundo hispánico y andino. En Fernandes, M.; Correia, M. *Terra em Seminário 2010*. Lisboa: Ed. Argumentum, p.125-129.

Karmelic, L. (2009). *Estudio descriptivo de los inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda que forman parte del Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile*. Proyecto de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Santiago: Doctorado Arquitectura y Patrimonio Cultural – Ambiental Universidad De Sevilla y Universidad Central.

Madariaga, R. (1998). *Sismicidad de Chile*. En revista Física de la Tierra nº10. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, p. 221-258.

Oficina Nacional de Emergencias ONEMI (1986). *Informe sobre el terremoto de marzo 1985 de Chile*. Documento digital disponible en www.onemi.cl [28/06/2013].

Pierotti, P; Ulivieri, D. (2001). *Culture sismiche locali.* Pisa: Edizioni Plus.

Tonnieti, U. (2010). *Architettura mediterranea e culture costruttive*. In Mecca, Dipasquale et al. *Chefchaouen, Archiettura e Cultura Costruttiva*. Pisa: ed. ETS, pp.23-26.

Urrutia, R.; Lanza, C. (1993). *Catástrofes en Chile 1541-1992*. Santiago: Ed. La Noria.

Varios autores (2000). *Santiago Poniente. Desarrollo urbano y patrimonio*. Santiago: Ediciones Andros.

Sitio del Centro Sismólogico Nacional de la Universidad de Chile. http://www.sismologia.cl/ [28/06/2013].

Notas

(1) El Centro Sismólogico Nacional de la Universidad de Chile (GUC en sus siglas en inglés) posee un registro histórico con los terremotos cuya magnitud haya superado los 7ºMs ocurridos desde el año 1570 a la fecha. Allí se especifican también otros datos como las coordenadas del hipocentro, la hora local y los efectos colaterales como tsunamis. Para mayor información ver http://www.sismologia.cl/.

(2) La tesis doctoral de la autora titulada "*Culturas constructivas en tierra y riesgo sísmico. Conocimiento de la arquitectura tradicional chilena y evaluación de su vulnerabilidad frente a los sismos"* fue realizada entre los años 2009 y 2012 en el Departamento de Tecnología de la Arquitectura de la Universidad de Florencia, Italia. El profesor tutor de tesis fue el profesor arquitecto Saverio Mecca, miembro de ISCEAH-ICOMOS, y los co-tutores fueron los profesores arquitecto Ugo Tonietti del Departamento de Construcción y Restauración de la Universidad de Florencia y el ingeniero Julio Vargas Newmann de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

(3) Ibídem.

(4) La "Zona Típica" es una de las cinco categorías de protección del patrimonio que contempla la Ley de Monumentos Nacionales 17288. La Zona Típica protege conjuntos residenciales, poblados o partes de ellos, u zonas alrededor de Monumentos Históricos, donde lo importante es el valor arquitectónico y ambiental del conjunto.

(5) adobillo: bloque de tierra y paja, amasado a mano y formado dentro de un molde de madera. Se diferencia del adobe chileno por sus dimensiones (60x15x30) cm, es decir por ser la mitad de un adobe en su ancho, y por poseer en sus extremos dos muescas de 1'x1' que permiten que éste quede afianzado a los pies derechos de madera que lo sujetan.

(6) En Chile se entiende por tabique, a una estructura de madera conformada por pies derechos, soleras superiores e inferiores de amarre y elementos intermedios como diagonales o tablas horizontales que sirven para arriostrar el conjunto.

(7) *Pachamama* o *Madre Tierra* es la máxima deidad del mundo andino y está representada por las altas figuras de los volcanes y los cerros.

Currículo

Natalia Jorquera Silva, Arquitecto, Doctora en Tecnología de la Arquitectura, miembro del comité científico ISCEAH-ICOMOS y de la Red PROTERRA. Académica del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile, realiza Docencia e Investigación en el campo de la arquitectura vernacular, las culturas constructivas locales y la prevención del riesgo sísmico del Patrimonio.

TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN SÍSMORRESISTENTE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS HISTÓRICOS DE TIERRA

Tim LG Michiels[1], Carina Fonseca Ferreira[2]

[1]The Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA, tmichiels@getty.edu
[2]University College London, London, United Kingdom, c.ferreira.12@ucl.ac.uk

Palabras claves: técnicas de estabilización sismoresistentes, arquitectura de tierra, conservación, sismos

Resumen

En los últimos veinte años, una serie de investigaciones han contribuido a profundizar el conocimiento acerca del comportamiento y subsecuente estabilización de los edificios de tierra durante un sismo. Esta ponencia tiene como objetivo el presentar las técnicas existentes para la estabilización sismorresistente de edificios históricos de tierra. Se analizan tanto las técnicas tradicionales utilizadas durante siglos, así como los métodos desarrollados más recientemente. Esta investigación es parte del *Earthen Architecture Initiative – Seismic Retrofitting Project in Peru*, un proyecto de colaboración entre el *Getty Conservation Institute*, la *University College London*, la Pontificia Universidad Católica del Perú y el Ministerio de Cultura del Perú.

Desde el punto de vista estructural, las técnicas de estabilización son evaluadas según cómo mejoran el comportamiento estructural de una edificación histórica de tierra. De igual manera se estudia el impacto de dichas técnicas en el material histórico de estas edificaciones. Las técnicas aquí estudiadas no se limitan a una región geográfica específica, y se concentran en las intervenciones orientadas al aumento de la estabilidad de las estructuras en general, ya que el consenso académico sostiene que éstas son las más aplicables para los edificios de tierra.

Las técnicas tradicionales investigadas van desde la adición de contrafuertes y vigas collares, a los mecanismos utilizados para mejorar la unión estructural entre los muros. También se consideran variantes de estas técnicas, empleando materiales no tradicionales y a veces no compatibles, como hormigón, acero o polímeros. Se estudian también otras técnicas desarrolladas más recientemente, tales como el uso de mallas y correas hechas de bambú, acero, nailon o materiales menos conocidos como neumáticos reciclados. Mientras que la mayoría de las técnicas de reforzamiento aquí mencionadas tiene como objetivo principal el mejorar la estabilidad general del edificio, este documento aborda también las técnicas desarrolladas para mejorar las características de resistencia de la mampostería de adobe mediante, por ejemplo, la inyección de lechadas a base de tierra. La forma en que estas técnicas son implementadas es también revisada; dado que en algunos casos, a pesar de contar con técnicas efectivas su aplicación tiene un impacto negativo en la preservación del material original.

La diversidad de técnicas de construcción de tierra, bien como de las tipologías de los edificios, entre otros aspectos, impide definir una única solución para toda estructura. Sin embargo la presente ponencia puede ser un instrumento útil para profesionales durante el proceso de toma de decisiones para la conservación de edificaciones históricas de tierra.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Proyecto y contexto

Durante casi dos décadas, el Getty Conservation Institute (GCI) ha desarrollado metodologías para la conservación del patrimonio de tierra en California y otras regiones alrededor del mundo. Durante la década de los 90 el *Getty Seismic Adobe Project* (GSAP por sus siglas en ingles), desarrolló una serie de técnicas para mejorar el comportamiento sísmico de estructuras históricas de adobe mediante un programa exhaustivo de investigaciones y pruebas de laboratorio cuyos resultados se difundieron en una serie de publicaciones (Tolles, 1996; Tolles et al, 2000; Tolles; Kimbro; Ginell, 2002). Durante un coloquio de expertos internacionales en el 2006, los participantes concluyeron que la

metodología GSAP era fiable y eficaz. Sin embargo, la dependencia del uso materiales de alta tecnología y de experiencia profesional para la implementación de las técnicas desarrolladas era un impedimento para el uso de las mismas en otros contextos (Hardy, Cancino, Ostergren, 2009).

Para resolver este dilema, el GCI, la *University College London*, la Pontificia Universidad Católica del Perú y el Ministerio de Cultura del Perú se unieron para desarrollar el Proyecto de Estabilización Sismorresistente o *Seismic Retrofitting Project* (SRP por sus siglas en ingles). El proyecto tiene como objetivo diseñar y ensayar técnicas tradicionales y modernas de estabilización sismorresistente, a través de modelos numéricos, así como pruebas estáticas y dinámicas de elementos estructurales específicos. También intenta proporcionar guías para los responsables de la implementación de dichas técnicas. Cuatro edificios de tierra de importancia histórica en el Perú, representativos de las tipologías constructivas en la región, han sido seleccionados para un profundo estudio estructural. El proyecto ha completado las evaluaciones constructivas iniciales de estas edificaciones prototipo. La simulación numérica utilizando análisis de elementos finitos y el programa de pruebas se encuentran actualmente en una fase bastante avanzada.

El siguiente paso del SRP es el diseño de soluciones de estabilización efectivas, e idealmente con tecnología simple, que sustancialmente preserven la autenticidad de las edificaciones históricas de tierra y que puedan ser aplicadas en países donde equipo, materiales y conocimientos técnicos avanzados no están a disposición de los que están al cuidado de dichas edificaciones. Es en el contexto de esta etapa que la presente ponencia ofrece un resumen y análisis de las técnicas disponibles.

1.2 Filosofía de intervención

Cuando el patrimonio sufre daños graves, por ejemplo, a causa de fenómenos naturales extremos como los terremotos; una intervención estructural es, generalmente, necesaria. Cualquier intervención en una edificación con valor histórico debe tener en cuenta las siguientes consideraciones: i) la seguridad de los usuarios, ii) la generación de daños a futuro, iii) el significado cultural y los valores de la edificación, iv) el uso previsto de la misma, v) la durabilidad esperada de la intervención, y vi) el contexto económico en la que se diseña e implementa.

Los profesionales que se dedican al estudio de edificaciones patrimoniales necesitan contar con conocimientos tanto ingenieriles como de construcciones tradicionales, así como una clara metodología que refleje dichos conocimientos para la realización de una adecuada evaluación de la seguridad de las estructuras patrimoniales (D'Ayala; Forsyth, 2007). El conocimiento de métodos constructivos tradicionales es la base de un análisis histórico y cualitativo de la estructura, según la definición de los principios de ISCARSAH ICOMOS (2003). Sin este último, todo entendimiento posterior de la estructura, utilizando métodos más sofisticados, es insuficiente.

La Carta de Burra publicada en 1979 (ICOMOS, 2004a) define la importancia cultural de los edificios patrimoniales según el valor estético, histórico, científico, social o espiritual para generaciones pasadas, presentes o futuras. Una conservación responsable debe valorar el sistema estructural, que a menudo no es visible y por ende descartado (Hume, 2007). Por otro lado, códigos modernos (por ejemplo, E.030, 2003 y EN 1998-3, 2005) utilizan apenas factores de importancia relacionados solamente al uso previsto de una estructura patrimonial, y no consideran su significado cultural. Tener en cuenta solo el uso a futuro lleva a requisitos de control de daños más exigentes que implican intervenciones más intrusivas. Por ello, considerar el significado cultural es crucial para preservar la autenticidad de la edificación.

A través del tiempo los valores de conservación han variado mucho. Sin embargo, los principios de conservación difundidos por la Carta de Venecia emitida en 1964 (ICOMOS, 2004b) siguen siendo aceptados universalmente. Los principios de autenticidad, mínima intervención, reparaciones con material histórico o equivalente (que desde ahora llamaremos similar[1]), compatibilidad, re-intervención y durabilidad están actualmente bien

establecidos y aplicados ampliamente. Su aplicación en cada caso, sin embargo, puede variar dependiendo de las expectativas y percepciones de los propietarios, ciudadanos y autoridades, contexto económico y el significado cultural percibido de la estructura a preservar.

Teniendo en cuenta el artículo 10 de la Carta de Venecia: *Cuando las técnicas tradicionales se muestran inadecuadas, la consolidación de un monumento puede ser asegurada valiéndose de todas las técnicas modernas de conservación y de construcción cuya eficacia haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por experiencia*; es claro que la primera actividad debe ser el considerar técnicas de estabilización tradicionales porque las mismas, implican una intervención económica, compatible y en algunos casos, utilizando el material original. Si estas técnicas no son suficientes, se pueden utilizar otras, mientras que su funcionalidad haya sido comprobada previamente. Finalmente, como acentuado por D'Ayala y Forsyth (2007), el parámetro del tiempo es también un factor importante que afecta todos los aspectos al decidir por una técnica de estabilización sismoresistente. Al decidir qué técnica utilizar, se debe tener en cuenta el tiempo de vida estimado de la estructura, el tiempo considerado hasta la evaluación siguiente, la durabilidad asumida de la intervención y el riesgo asociado a la ocurrencia de desastres naturales.

Es posible formular la filosofía de intervención estableciendo un equilibrio entre las consideraciones mencionadas anteriormente. Por ejemplo, según Tolles et al (2002), el primer objetivo de las medidas de estabilización sismorresistente es reducir al mínimo la posibilidad de pérdida de vidas humanas y una vez logrado esto, los principios de conservación de mínima intervención y reversibilidad deben ser satisfechos. Además, los mismos autores sugieren que sólo cuando se han cumplido todos estos criterios, se deben implementar medidas para limitar el daño a un nivel reparable durante los terremotos más severos y para reducir la cantidad de daño superficial durante sismos moderados; reconociendo que el orden de estos dos objetivos puede variar. Por otro lado, el NRC-CNRC (1995) sugiere que una intervención estructural mínima puede ser considerada solo cuando los requisitos para asegurar la vida de los usuarios y el control de daños se hayan cumplido. Estos dos enfoques por ejemplo dan un diferente nivel de prioridad al control de daños.

1.3 Resistencia versus estabilidad

El proyecto del GSAP distingue dos tipos de conceptos de diseño de estabilización sismorresistente: a base de resistencia y a base de estabilidad (Tolles; Kimbro; Ginell, 2002). Al considerar estos dos conceptos, es importante diferenciar los diferentes tipos de muros portantes en el que pueden ser aplicables: el GSAP categoriza los muros portantes de adobe según su esbeltez o relación altura-espesor (AE). Los muros portantes son así clasificados como gruesos (AE < 6), moderados (AE = 6-8) y delgados (AE > 8). Los muros portantes delgados pueden volverse inestables inmediatamente después de la presencia de grietas o fisuras. Un edificio con muros portantes de adobe gruesos, sin embargo, aún está lejos de perder su estabilidad cuando las primeras grietas ocurren. El diseño basado en la incrementación de la fuerza, recurre a las propiedades elásticas del material y puede pronosticar con precisión cuando las grietas se producen. Más importante que el momento cuando se forman las grietas o fisuras es, sin embargo, la ductilidad estructural de un edificio; es decir, su disposición para mantener su capacidad de carga y deformarse de manera segura después de que el límite elástico del material ha sido excedido. Los muros gruesos de adobe pueden exhibir significativa ductilidad estructural, a pesar de que el material en sí mismo es considerado frágil. Por ello, el segundo enfoque, el diseño basado en la incrementación de la estabilidad, resulta más útil. Emplea las características del comportamiento postelástico de adobe, teniendo en cuenta que los muros portantes de adobe gruesos no son inestables después de la fisuración o agrietamiento de los mismos. Las medidas de estabilización sismorresistente –en lugar de reforzamiento- pueden mejorar enormemente la estabilidad en general y reducen la cantidad de daño al limitar grandes desplazamientos. Los atributos importantes del diseño basado en la incrementación de la estabilidad son que (i) permite el movimiento fuera de plano, (ii) limita movimientos fuera de plano en la parte superior de los muros, (iii) proporciona conexiones flexibles entre muros

perpendiculares y (iv) proporciona conexiones que limitan el desplazamiento relativo y permanente de los bloques agrietados adyacentes (Tolles; Kimbro; Ginell 2002).

2 TÉCNICAS BASADAS EN LA INCREMENTACIÓN DE LA ESTABILIDAD

2.1 Técnicas para obtener estabilidad general

Estas son técnicas cuyo objetivo es estabilizar el edificio en su conjunto. Generalmente consisten en la implementación de elementos continuos conectados alrededor del edificio que hacen que todos los componentes del mismo trabajen en conjunto.

La introducción de una **viga collar** es considerada a menudo como una de las técnicas más importante y eficaz para estabilizar las edificaciones de tierra. Una viga continua es colocada en la parte superior de los muros portantes para evitar su volteo, el cual es uno de los principales modos de falla en muros portantes de adobe delgados. Inhibiendo el volteo y aumentando la resistencia a cargas horizontales, las vigas collares proporcionan resistencia y rigidez ante el movimiento fuera de plano. Adicionalmente, establecen continuidad dentro del plano como elemento continuo a lo largo de los muros portantes (Tolles; Kimbro; Ginell 2002).

Hay dos tipos de vigas colares: vigas collares de madera y de hormigón. La **viga collar de madera** es utilizada tradicionalmente. Una placa de madera relativamente delgada en la parte superior del muro puede ser más que suficiente. Es crucial que la placa vaya alrededor del edificio y que las vigas en los muros perpendiculares estén bien conectadas en las esquinas (figura 1). Los muros portantes de adobe medios y gruesos, típicos en edificios históricos de adobe, son más estables al movimiento fuera de plano y en consecuencia pueden ser estabilizados simplemente incrementando un poco su rigidez horizontal, lo que permite una intervención menos invasiva. Como las vigas collares de madera son flexibles, no afectan significativamente el comportamiento elástico de la estructura de adobe y la fisuración ocurre de manera similar a una estructura no reforzada. Esta técnica contribuye principalmente al comportamiento postelástico del edificio. La conexión de la viga a la pared es importante y puede lograrse de varias maneras como con conexiones tipo caja y espiga, correas de acero o pernos centrales.

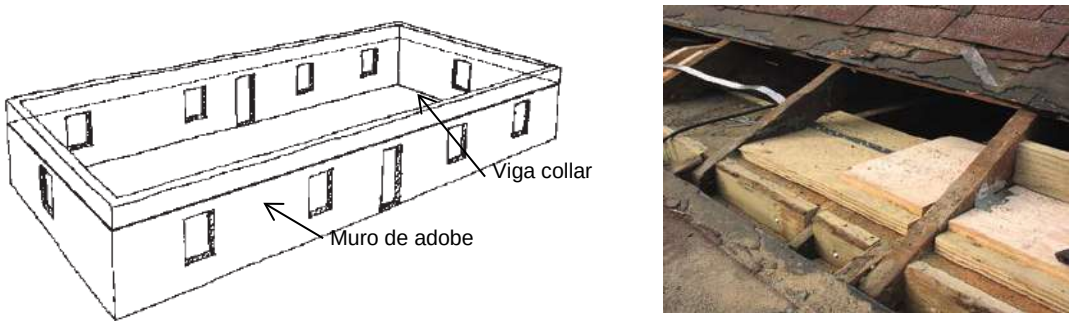


Figura 1 – Izquierda: Esquema de viga collar (Tolles; Kimbro; Ginell 2002). Derecha: Implementación en Las Flores Adobe National Historic Landmark en California (Barrow et al, 2006)

La integración de vigas collares de madera es una práctica común en la rehabilitación de edificios históricos construidos en tierra. La madera es un material compatible con la tierra gracias a sus características físicas como su permeabilidad. Obtener madera es relativamente fácil, incluso en zonas rurales y el costo de la misma es bajo. Además esta intervención cumple con los requisitos de re-intervención. Sin embargo, es importante mencionar que medidas adecuadas para mantener la madera seca son necesarias para reducir el posible deterioro de la misma. Otra consideración importante es que la instalación de una viga collar puede implicar del remover la cubierta original y con ello causar la pérdida de material histórico en la edificación.

Una **viga collar de hormigón armado** es una alternativa que ha sido utilizada en muchos proyectos de estabilización sismorresiste en California y en otras ciudades como Cusco,

Perú, durante los años setenta y ochenta (Samanez Argumedo, 1983; Earthen Building Technologies, 1995; Webster, 2006). Aunque la introducción de una viga de hormigón armado tiene efectos de estabilización similares a los de las vigas de madera, la diferencia principal es que una viga de hormigón es mucho más rígida. Una viga muy rígida causa daños a los muros portantes de adobe debido al golpeo vertical de la misma contra el adobe durante un terremoto y, en particular, a los muros en plano porque reciben carga adicional de los muros fuera de plano[2]. Tolles, Kimbro y Ginell (2002) enfatizan que, a pesar de que los movimientos fuera de plano pueden fácilmente hacer que el muro portante de adobe se balancee hasta 0,15 m sin voltearse, un desplazamiento de 0,0125 m a 0,025 m en plano puede producir daños bastante considerables. Es más, las diferencias de rigidez entre la mampostería de adobe y la viga de hormigón armado pueden causar que la conexión entre la viga y la mampostería falle durante sismos moderados. Finalmente y sobre la base de evidencia pasada sobre la efectividad de técnicas de reforzamiento, una viga de hormigón armado es una intervención no aconsejada (D'Ayala; Benzoni, 2012) dado que: 1) requiere la extracción de una cantidad significativa del techo original, 2) es raramente reversible, ya que la fijación a las paredes debe ser muy rígida (Tolles; Kimbro; Ginell 2002); 3) no es compatible con el adobe dada la rigidez excesiva del hormigón armado; y 4) es ineficaz, especialmente a largo plazo por que se pierde la conexión entre el adobe y el hormigón.

El objetivo de un **diafragma tradicional** es la transferencia de cargas de la cubierta y muros fuera de plano a los muros en plano (figura 2). Esta es una técnica de estabilización sismorresistente típica para mampostería no reforzada de ladrillo. La mampostería de ladrillo tiene mucho más resistencia en el plano, y por lo tanto las cargas del techo pueden ser dirigidas hacia dichos muros y transmitidas hacia la base de los mismos. Esto se logra mediante la instalación de un sistema de transferencia de carga, generalmente hecho de madera o de acero. Techos o entrepisos diseñados específicamente con este objetivo, son ejemplos de esta técnica.

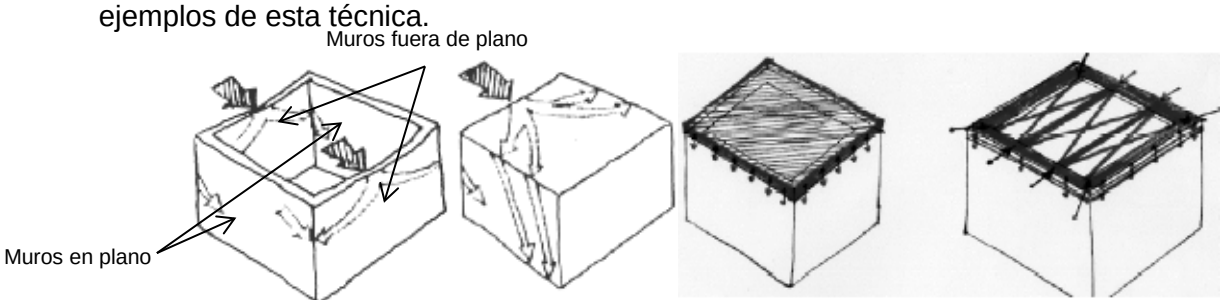


Figura 2 – Funcionalidad de los diafragmas tradicionales (Miltiadou-Fezans, 2011)

Los diafragmas no son aconsejables en edificios con muros de adobe gruesos. Como se mencionó anteriormente, las paredes gruesas tienen suficiente estabilidad fuera de plano, dado que la misma está directamente relacionada con la proporción de altura-espesor del muro. Un diafragma rígido puede generar una sobrecarga en los muros en plano debido a las fuerzas transferidas por los muros fuera del plano. Esta sobrecarga podría dañar gravemente los muros en plano. Sin embargo, para un edificio con muros delgados de adobe, un diafragma podría ser útil. Es importante mencionar que el cálculo de la distribución de cargas entre las paredes fuera de plano y en plano es la parte más delicada del diseño. En resumen, es importante que la rigidez del diafragma sea bien analizada y suficientemente baja para que limite las cargas transferidas de los muros fuera de plano a los muros en plano.

Un diafragma de madera contraplacada es una **variante parcial y flexible de los diafragmas rígidos** tradicionales. Un diafragma de 1,20 m de ancho de madera contraplacada es clavado encima de las viguetas. Elementos de amarre similar a los utilizados en el diseño de un diafragma rígido estándar son necesarios. La ventaja de tener un diafragma flexible y parcial como el de madera contraplacada es su limitada rigidez, ya que evita la transferencia de carga excesiva a los muros fuera de plano que pueden fallar en corte. Los elementos de amarre (vigas collares, por ejemplo) ofrecen una continuidad a lo largo del muro y actúan como portadores de cargas en los extremos del diafragma parcial y

flexible de madera contraplacada. Esta intervención sólo requiere una conexión en la parte superior del muro o al nivel del suelo y puede ser fácilmente integrada al techo o piso de la edificación. El material de la intervención armoniza con el contexto y gracias a su posición, el deterioro del mismo no es muy factible, haciendo que la intervención sea duradera.

Otra técnica investigada durante el proyecto GSAP consiste en enlazar las partes superiores de los muros con **cables horizontales de acero**. Se colocan en una ranura alrededor del edificio y se pueden ajustar ligeramente para pretensar los muros. Una ventaja importante de esta técnica es que solo se pierde una pequeña parte del revestimiento histórico y la extracción del techo no es necesaria durante su instalación. Conectando los muros entre ellos, las varillas inhiben el volteo y aumentan así la resistencia a las cargas horizontales. Estableciendo una zona continua horizontal que trabaja en conjunto se obtiene también una continuidad en plano considerable. Como las varillas añaden muy poca rigidez adicional a la estructura, se pueden combinar con un diafragma de parcial y de baja rigidez, como por ejemplo el techo de madera contraplacada descrito anteriormente. Esto puede ser una intervención sutil y económica, aplicable debajo del revestimiento exterior, y por eso, mínimamente invasiva si los muros no contienen pinturas murales valiosas. Gracias a que las propiedades del acero son rigurosamente conocidas, se pueden resolver fácilmente problemas comunes como la corrosión y el desgaste. Se podría argumentar, sin embargo, que la introducción del acero en un edificio de tierra y madera no es recomendable porque podría causar la pérdida de su autenticidad. *Las Flores Adobe National Historic Landmark* en el sur de California sirve como un ejemplo de la aplicación de esta técnica (Barrow et al, 2009).

La aplicación de un sistema más elaborado de **correas de acero o nylon** ha sido analizada durante el proyecto GSAP. Es una combinación de correas horizontales y verticales alrededor de los muros portantes. Pretensar las correas no es necesario, pero se debe ajustar para eliminar el deslizamiento del sistema. Deben ser conectadas al techo, el piso o a la cimentación de la edificación para establecer continuidad. Las correas horizontales se pueden colocar en los muros exteriores y son necesarias en la zona superior e inferior de los mismos. En la zona superior tienen un efecto similar al de las varillas de acero horizontales descritas anteriormente. En la sección inferior de los muros evitan que el muro falle fuera de plano en esa sección. Las correas horizontales en la zona inferior de los muros requieren una conexión especial en las esquinas, por ejemplo con recurso a varillas centrales descritas más adelante.

Las correas verticales pueden ser muy eficaces para estabilizar muros delgados porque pueden aumentar la estabilidad fuera de plano del mismo. Las correas verticales deben ser conectadas tanto a la superficie interior como a la superficie exterior del muro y deben ser combinadas con elementos horizontales en la zona alta y baja del muro, tales como barras de acero o cables horizontales (Figura 3).

Las correas horizontales resisten a grandes cargas ofreciendo una mayor rigidez a los muros. Además, pueden ser utilizadas sobre una longitud de muro más larga que la utilizada por las correas verticales. Por otro lado, se pueden construir con nylon ya que así se adaptan a curvaturas de radio pequeño, y por lo tanto ofrecen una mayor flexibilidad de implementación.

Los muros gruesos de adobe pueden ser estabilizados fácilmente con una cantidad limitada de correas, que facilite luego la reversibilidad de la intervención. Sin embargo, agujeros deben ser perforados a través de las paredes y los revestimientos tienen que ser reemplazados, lo que lleva a una pérdida del material original. El coste de esta intervención es relativamente alto y la disponibilidad de material en regiones remotas puede ser un impedimento para su implementación.

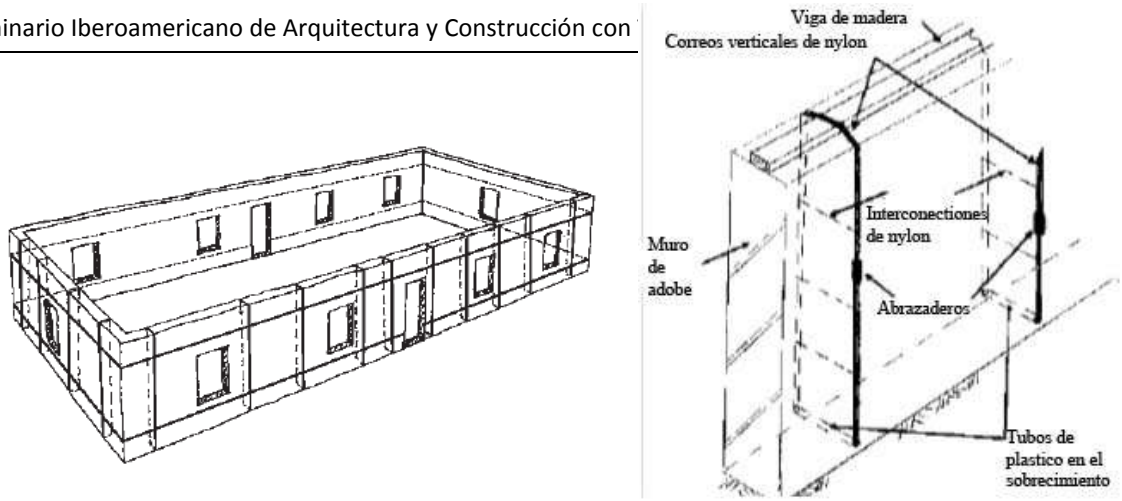


Figura 3 - Izquierda: Esquema de correas. Derecha: detalle de correa vertical combinada con viga collar. (Tolles; Kimbro; Ginell 2002)

Las **varillas centrales** son una alternativa a las correas verticales. Son utilizadas como elementos para prevenir el volteo de muros fuera de plano. Estas varillas son colocadas en orificios sujetados con la inyección de una resina epóxica, poliéster, o lechadas de cemento. Las varillas lechadas se conectan bien con la mampostería de adobe porque, cuando implementadas apropiadamente, el material de la lechada se adhiere adecuadamente al adobe. El uso de estos elementos verticales puede aumentar la ductilidad de los muros y es especialmente útil para muros delgados. En los muros más gruesos de adobe las varillas centrales suelen contribuir más a la resistencia de corte en lugar de aumentar la flexión de los mismos. El diámetro de estas varillas puede variar de 0,012 m a 0,025 m. Es importante de utilizar varillas de diámetro pequeño y agujeros de menos de 0,05 m. porque varillas más grandes pueden actuar como elementos rígidos y dañar el muro de adobe. La instalación de las varillas en el núcleo central no afecta los aspectos visuales del edificio, pero es una intervención poco reversible y difícil de monitorear. Sin embargo, si las varillas son lo suficientemente delgadas, la combinación de varillas de acero adheridas al muro con lechadas o productos epóxicos es una solución duradera, ya que la lechada de cemento o epóxico protege las varillas contra la corrosión. Aunque esta técnica es cara, una amplia investigación sobre su aplicación se encuentra disponible (Tolles; Kimbro; Ginell, 2002). Podría ser interesante, sin embargo, el utilizar materiales tradicionales, más económicos y accesibles como caña, madera y lechadas de tierra, pero esta técnica con materiales tradicionales necesita aun mayor investigación.

Otra técnica que ha sido investigada, es la aplicación de diferentes tipos de **mallas**. Se pueden aplicar mallas de diferentes materiales en el exterior, al interior o en ambos lados de los muros de la edificación que requieren ser sísmicamente estabilizados. Se puede cubrir todo el muro, pero la aplicación en varias tiras es también posible (Torrealva et al, 2009) sugieren que mínimo 50% de la superficie del muro debe ser cubierta con la malla para que la técnica sea efectiva. Se puede aplicar la malla en tiras de aproximadamente 0,45 m. de ancho, simulando vigas y columnas con este material (Torrealva; Vargas Neumann; Blondet, 2006). El objetivo es crear una malla como una matriz adherida a la edificación proporcionando restricción al movimiento fuera de plano y evitar el volteo de secciones de muros. Como la malla crea zonas reforzadas continuas, proporciona también continuidad en plano. La malla se fija a la pared con clavos o tapas de gaseosas (o refrescos) y es más eficaz cuando las mallas interior y exterior están conectadas transversalmente a través de la pared. Cubriendo la pared con un revestimiento aumenta la resistencia al corte inicial y la rigidez del muro. Si la malla no está cubierta, la técnica trabaja solamente cuando la pared ya está agrietada, limitando el desplazamiento de los bloques generados por estas grietas. Aplicar un revestimiento compatible es de vital importancia; por ello y por razones de compatibilidad, un revestimiento de tierra es recomendable. Los revestimientos de cal son también aceptables, ya que son también permeables. Por el contrario, se deben evitar revestimientos de cemento en cualquier caso porque pueden ocasionar daño a la pared de adobe dado su poca permeabilidad.

La malla puede ser de diferentes materiales. Se han realizado investigaciones que emplean mallas de acero soldado, mallas de polímero o la combinación de bajo costo de bambú con alambre de acero soldado (Torrealva, 2008; Dowling, 2006; Dowling, 2004). Las mallas de polímeros han sido investigadas a fondo en el Perú y han sido aplicadas, por ejemplo, en la Iglesia de San Pedro de Esquiña en Chile. Estas parecen tener gran potencial debido a su gran durabilidad y compatibilidad con la tierra (Torrealva, 2008; Torrealva; Neumann; Blondet, 2006; Heinsen et al, 2012). En términos generales, la aplicación de malla es una solución que no cambia el sistema estructural original, ni afecta a la disposición general o a la percepción del edificio. Tienen que remover y luego volver a aplicar el revestimiento, lo que puede ser problemático cuando se cuenta con pinturas murales de valor histórico. La disponibilidad de los materiales y su costo dependen de los materiales elegidos para la malla.

Otra técnica de estabilización sismoresistente basada en la estabilidad del edificio es la aplicación de una malla de **correas de goma (o neumáticos)** alrededor del edificio. Estas correas poseen una gran ductilidad que permite que el adobe reforzado se someta a grandes desplazamientos horizontales sin colapsar (Charleson, 2009). Sin embargo, estas correas son tan flexibles que no reducen los daños ni siquiera durante sismos de baja o moderada intensidad, causando daños irreparables a la estructura. Si se utiliza esta técnica los edificios tendrían que ser reconstruidos completamente después de un terremoto, lo que es inaceptable desde el punto de vista de la conservación del patrimonio.

Yamin et al (2004) presentan una investigación que promueve el uso de **elementos de contorno de madera**. Placas de madera con una sección de 0,15 m por 0,20 m. se colocan interna y externamente sobre los muros y son interconectadas con pernos que atraviesan los mismos. Los orificios para los pernos se rellenan con mortero de cemento. Los elementos horizontales están conectados con placas de acero en las esquinas. Las placas son clavadas a los muros cada 0,15 cm para crear superficies rugosas. El esqueleto de madera totalmente nuevo incrementa significativamente la rigidez y resistencia de los muros, limitan el movimiento y el volteo fuera de plano y proporcionan continuidad en el plano, mientras que las placas de acero son una buena conexión entre los muros. Sin embargo, la técnica no es tan adecuada para edificios históricos, ya que no sólo afecta gravemente los revestimientos sino que además se perfora y daña la base de sustrato de la edificación y cambia el sistema estructural del edificio. En práctica un sistema estructural de tierra se sustituye por uno de madera actuando la tierra solo como relleno y con poca contribución estructural. Esto es un cambio radical que afecta la autenticidad del edificio. Por último, es importante mencionar que la durabilidad de la técnica depende de la madera seleccionada para su implementación.

El mismo concepto de un **esqueleto de madera independiente** de la mampostería fue aplicada tradicionalmente en el pasado (Karababa; Guthrie, 2006; Makarios; Demosthenous, 2006; Myrto, 2010). Un sistema de postes de madera es instalado soportando los techos y pisos para que estos elementos no sean afectados al fallar la mampostería. El concepto de esta técnica puede ser incorporado en edificios existentes como una intervención temporal y completamente reversible. Sin embargo, la adaptación de esta técnica como una solución permanente para la estabilización sismorresistente de edificaciones históricas no construidas con este concepto, podría severamente afectar la autenticidad de las mismas.

Finalmente el **aislamiento de la base** es una técnica de adaptación compleja, pero basada en un principio muy simple: el edificio se desconecta de los movimientos del suelo mediante la introducción de capas de aislamiento y con ello, los desplazamientos durante un sismo se producen solo en el sistema de insolación. Alargando el período de la estructura y aumentando la amortiguación, la respuesta sísmica disminuye y esto permite que la estructura se mantenga casi sin deformación. Es una técnica eficaz, pero costosa, no solo para su instalación sino también para su mantenimiento; y requiere el uso de alta tecnología. La gran ventaja es que la estructura es solamente afectada al nivel de la base, permitiendo que el edificio histórico se mantenga prácticamente intacto, excepto por la introducción de sistemas flexibles para acomodar los desplazamientos relativos de la estructura con

respecto al suelo (ver sistemas de disipación de energía más adelante). Debido a la falta de aplicaciones de esta técnica para edificios de tierra, más investigación es necesaria para considerar el aislamiento de la base en el contexto de esta investigación.

2.2 Técnicas para estabilizar elementos constructivos

Todas las técnicas que se detallan en esta sección describen cómo estabilizar o soportar elementos constructivos, o conectar muros entre sí, en contraste con los métodos presentados anteriormente que estabilizan un edificio en su conjunto. Una combinación de estas técnicas, obviamente, mejorará la estabilidad general del edificio, pero la inserción de un solo tipo de estos elementos normalmente es insuficiente para proporcionar una estabilización sísmorresistente satisfactoria.

Las técnicas para estabilizar conexiones muro-muro son las más comunes dentro de esta categoría las cuales se puede clasificar en dos tipos. El primer tipo contiene **elementos horizontales que conectan muros paralelos** para mejorar el apoyo lateral y evitar el volteo. Estos elementos son normalmente aplicados en espacios más largos que anchos con pocas paredes transversales dentro de los mismos. Ejemplos típicos son iglesias y graneros (figura 4). Comúnmente tirantes de madera o varillas de acero han sido instalados en edificios históricos de adobe, ya sea antes o después de terremotos. Tolles et al (2002) enfatizan que un elemento fundamental en la instalación de estos tirantes o varillas de acero es el anclaje de los mismos a los muros. Este es el punto más delicado ya que el anclaje puede concentrar tenciones alrededor del mismo causando grietas. Se pueden utilizar tuercas y placas al exterior de y adosadas a los muros para asegurar los anclajes y distribuir tensiones. La instalación de tirantes puede servir de soporte adicional y algunas veces necesario, pero también pueden crear daño no previsto debido a las tensiones concentradas en los anclajes o a secciones de muros adyacentes. Se han aplicado tirantes de madera en varias edificaciones históricas en el Perú. El hecho de que la técnica se haya utilizado tradicionalmente, que se pueda implementar con material compatible y sin afectar el techo, son condiciones que hacen que esta técnica cumpla con los principios de la conservación. Actualmente los socios del SRP estudian esta técnica para mejorar la comprensión de la misma.

Figura 4 - Izquierda: tirantes en la iglesia de Kuño Tambo, uno de los edificios prototipo del proyecto SRP (Foto Claudia Cancino, 2010) Derecha: Vista exterior de conexiones de tirantes en Cuzco (Foto Sara Lardinois, 2012 © J . Paul Getty Trust).

El segundo tipo de estabilización de las conexiones muro-muro **une los muros perpendiculares por medio de lechadas y clavijas**. Según Tolles, Kimbro y Ginell (2002) las conexiones entre muros perpendiculares pueden tener suficiente resistencia para soportar sismos moderados si la construcción original consiste en o contiene adobes o refuerzos interconectados**.** La lechada o enclavijado de las grietas existentes dan a la estructura una cierta capacidad para resistir movimientos sísmicos moderados**.** Las clavijas pueden impedir en cierto grado la separación de los muros, tarea complicada dado la diferencia de movimientos en plano o fuera del plano, especialmente en muros de adobe gruesos durante sismos fuertes, haciendo la separación de los mismos casi eminente. Así,

aunque la lechada o enclavijado trabajen durante movimientos sísmicos moderados, tendrán poco efecto durante movimientos sísmicos fuertes, produciendo daño en o cerca de la esquina. Las grietas que se han producido en las esquinas cuando hay clavijas es probable que se hayan generado más allá de la ubicación de las mismas. Tolles, Kimbro y Ginell (2002) concluyen que los anclajes locales podrían ser un medio eficaz para limitar el daño, pero que como son propensos a fallar durante grandes terremotos, su utilización se debe combinar con una solución que proporcione estabilidad global a la edificación. Por ejemplo, una viga collar podría ser empleada para que el conjunto completo de medidas sea eficaz durante grandes eventos sísmicos. Bajo los principios de conservación, la lechada podría ser considerada como técnica de mantenimiento (véase sección de inyección en técnicas basadas en la resistencia). El enclavijado sólo requiere la perforación de pequeños agujeros en el tejido histórico, pero se debe considerar que las clavijas inyectadas son muy difíciles de remover, impidiendo la reversibilidad de la introducción del acero, que es un elemento poco compatible con el adobe.

Los muros perpendiculares también se pueden interconectar con una técnica tradicional que implica la inserción de elementos de madera a diferentes alturas comúnmente denominados **llaves o tirantes de esquina**. Es común que las juntas entre muros ortogonales se agrieten durante los terremotos, por lo cual, las llaves suministran refuerzos para que los muros sigan trabajando en conjunto (Figura 5). Angulo-Ibáñez et al. 2012 presenta una visión general de los diferentes tipos de refuerzos que se utilizan tradicionalmente en los edificios históricos de adobe. Como en la técnica previamente descrita de enclavijado, existe la misma preocupación de las diferencias de comportamiento de los muros perpendiculares al estar uno sujeto al movimiento fuera del plano y el otro en plano. De igual manera, durante grandes terremotos esta diferencia de movimiento entre muros perpendiculares puede ser tan grande que las paredes se terminan agrietando justo al costado del refuerzo. No se ha podido encontrar ninguna investigación detallada del comportamiento de estos elementos; pero ya que la técnica que se ha aplicado tradicionalmente en Perú, utiliza materiales compatibles y de fácil acceso, y es relativamente fácil de implementar, sin duda alguna una investigación más detallada es necesaria. La Pontificia Universidad Católica del Perú, como parte del SRP, ha realizado pruebas para entender el comportamiento de esta técnica y los resultados estarán disponibles muy pronto.

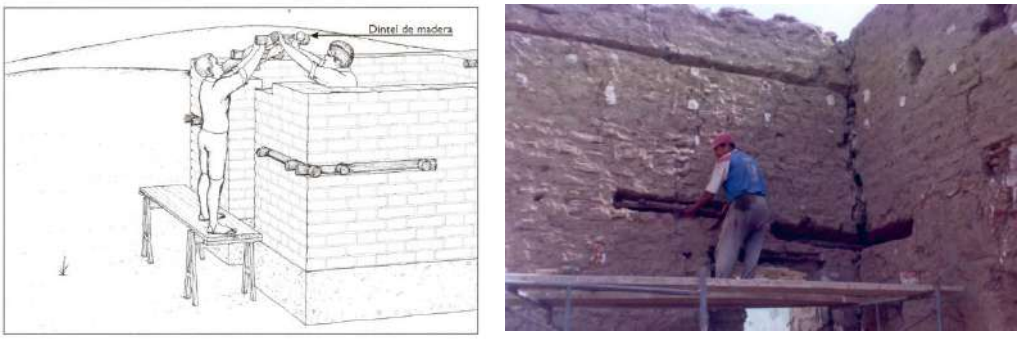
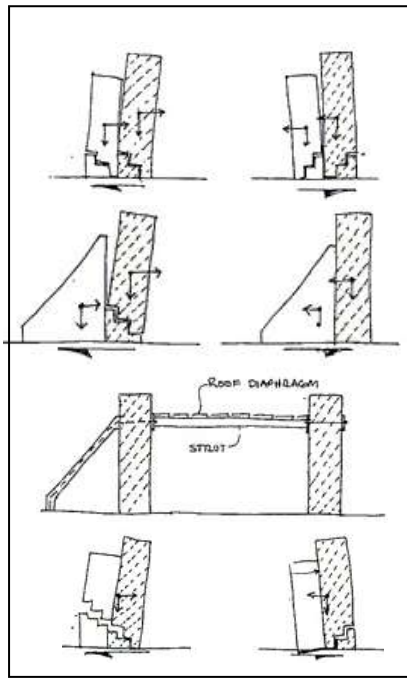


Figura 5- Ilustraciones de tirantes de esquina. Izquierda: se muestra la instalación en construcciones nuevas (Instituto Nacional de Cultura de Perú, 2002). Derecha: Instalación de tirantes de esquina en Casa Garci Holguin, Trujillo, Perú (1999 © J . Paul Getty Trust).

El uso de **contrafuertes** es otra técnica tradicional de estabilización ampliamente difundida en la región andina. Estas masivas adiciones de mampostería en lugares puntuales proporcionan una resistencia adicional a los empujes laterales durante un sismo. Normalmente y en la arquitectura tradicional estos empujes son generados por bóvedas o cúpulas interiores. Durante un sismo y si son bien construidos, los contrafuertes actúan como soporte para restringir movimientos fuera de plano siendo aun más eficaces en puntos intermedios de muros largos. Si no se conectan a la mampostería, actúan de forma independiente (Roselund, 1995). En ese caso y durante un sismo, sólo proporcionan contención cuando las paredes se mueven en dirección al contrafuerte; pero, en la dirección opuesta, imponen una carga adicional a la pared y puede oscilar en su contra. Por lo tanto, es importante “atar” los contrafuertes a los muros para limitar los movimientos fuera del

plano y reducir el impacto de los mismos contra dichos contrafuertes. Otra opción es unir el contrafuerte a una viga tirante o diafragma para estabilizar el edificio (Figura 6). La conexión también puede ser ejecutada con llaves de esquina. En la práctica, no siempre está claro si un contrafuerte está conectado o no a la mampostería. En la región andina el uso de contrafuertes se hizo común después del terremoto de 1746, cuando un decreto del virreinato español los hizo obligatorios (Walker, 2008). El hecho de que los contrafuertes suelen ser adiciones posteriores a las iglesias, indica que estos no siempre están conectados a los muros que están destinados a soportar.



Detalle 1: Un contrafuerte delgado se mueve independiente y agrega poco o nada a la estabilidad de la construcción si no está conectado generando el daño descrito en el gráfico.

Detalle 2: Un muro tenderá a alejarse de un contrafuerte grueso generando el daño descrito en el gráfico y será soportado por el contrafuerte cuando se mueve hacia él.

Detalle 3: Un contrafuerte anclado con un diafragma puede ser muy útil para proporcionar o mejorar la estabilidad de la construcción.

Detalle 4: Un contrafuerte conectado a la pared se mueve con la pared y proporciona estabilidad cuando se mueve en la dirección de la pared (izquierda). Un contrafuerte conectado proporciona mucha estabilidad cuando la pared se mueve hacia el contrafuerte. Esto crea una presión elevada en la base del contrafuerte y puede generar el daño descrito en el gráfico. (Derecha)

Figura 6 – Representaciones esquemáticas de contrafuertes y su comportamiento dependiendo de sus conexiones. Basado en Roselund (1995).

La ventaja en el uso de contrafuertes es que se pueden hacer del mismo material que los muros y se pueden remover fácilmente puesto que no interfieren con la estructura original. Eso los convierte en una técnica compatible, de bajo costo y fácil aplicación que no requiere de amplios conocimientos técnicos para su implementación. Sin embargo, el inapropiado desmontaje de los mismos puede generar daños a la estructura original. Por otro lado, la conexión a la estructura original es difícil de inspeccionar o mantener y podría haber sido pasado por alto en los edificios antes estabilizados. Otro punto importante señalado por Roselund (1995) es que la ejecución de contrafuertes, generalmente sobre niveles de suelo diferentes, podría dar lugar a asentamientos diferenciales.

Un aparato de dispersión de energías específicamente diseñado para la protección sísmica de edificios de valor patrimonial fue desarrollado por Paganoni y D'Ayala (2009, 2010), en el marco de una *Knowledge Transfer Partnership* (KTP) entre la Universidad de Bath y Cintec International Ltd. El impacto sísmico en los muros portantes se reduce al permitir pequeños desplazamientos y la disipación de energía para reducir el daño. Esto se logra ya sea con las propiedades de histéresis de un elemento de acero inoxidable moldeado para optimizar su comportamiento post elástico, o con un mecanismo de fricción preparado para ejercer un cierto nivel de fuerza de tracción (D'Ayala; Paganoni, 2011). Los anclajes son diseñados para ceder (ancla con un dispositivo de rendimiento) o activar el mecanismo de fricción (anclaje con un dispositivo de fricción) antes del agrietamiento en el material. Logran mayores desplazamientos que los anclajes tradicionales de fuerza concentrada reduciendo o anulando el daño en el sustrato de base. Si bien esta técnica es prometedora, hay que señalar que fue diseñada para edificios de mampostería de ladrillo y nunca se ha aplicado ni investigado para edificios de tierra. Además, la falta de conocimientos técnicos y de disponibilidad de material en zonas remotas, hacen que sea difícilmente aplicable.

3 TÉCNICAS BASADAS EN LA RESISTENCIA

Un último grupo de técnicas se dedica a mejorar la resistencia de la mampostería de adobe.

Revestimientos de cemento reforzados con alambre de acero, fibras de polímeros o fibras de vidrio se aplican a veces a la mampostería de adobe. Los revestimientos reforzados pueden ser incorporados internamente, externamente o combinados, pero son más eficaces cuando se aplican a ambos lados de la pared y son interconectados. La conexión puede fijarse con cintas metálicas. Este sistema aumenta la resistencia de las paredes de adobe y tiende a absorber las fuerzas sísmicas. Falla de forma frágil cuando llega a su límite elástico, lo cual puede llevar al colapso repentino del edificio. Este tipo de falla ha sido reportado por D'Ayala y Benzoni (2012) en las iglesias parroquiales de Lolol y Curepto en Chile después del terremoto de Maule del 2010. Por otra parte, el recubrimiento de hormigón hace al muro impermeable, atrapando la humedad en el interior, lo que compromete la resistencia mecánica de la mampostería de adobe. Dado que esta técnica ha demostrado ser ineficaz y el cemento es un material no compatible con la tierra, su aplicación se debe evitar o revertir siempre que sea posible.

A menudo, la mampostería de adobe se encuentra agrietada debido a terremotos anteriores, asentamientos de la cimentación, falta de mantenimiento o por los efectos de contracción. Esto va disminuyendo la continuidad de la mampostería y para volver a crear un comportamiento monolítico, las pequeñas grietas pueden ser llenadas por **inyección**. Esto permite de nuevo la transferencia de tensiones a través de las grietas. Por otra parte, la reparación de grietas también previene el deterioro causado por otros agentes, como la filtración de agua y la presencia de elementos biológicos (Silva; Schueremans; Oliveira, 2009). Lechadas de tierra se pueden inyectar, y varios intentos de investigación se han hecho para diseñar lechadas de consistencia apropiada (Silva; Schueremans; Oliveira, 2009; Silva et al, 2012; Vargas et al, 2011; Roselund, 1990). La durabilidad y la compatibilidad de la intervención es un punto importante a considerar al momento de intervenir. Una lechada exitosa debe ser más débil que la cohesión de la mampostería de modo que el material original no se vea comprometido durante un movimiento sísmico y una nueva intervención por inyección sea posible. La inserción de una lechada de tierra es difícilmente reversible, pero por otro lado no se remueve material original, convirtiendo la inyección de lechadas en una intervención no invasiva con materiales similares y compatibles.

Grandes grietas en la mampostería de adobe se pueden reparar mediante la técnica de **costura suave** que consiste en el apisonamiento de tierra estabilizada con refuerzos metálicos o de madera en incisiones pre-cortadas. Estas incisiones reforzadas se construyen tanto interna como externamente y se ubican transversalmente a la dirección de las grietas cada 0,50 m. Keefe (1993) y Hurd (2009) proporcionan descripciones detalladas y gráficos que explican la implementación de esta técnica. Mientras que el rendimiento ingenieril de esta intervención no ha sido examinado técnicamente en el conocimiento de los autores, este método ha sido aplicado durante siglos en las regiones sísmicas del Asia Central y Trans-Himalaya (Hurd, 2009). Aunque la técnica es invasiva ya que requiere remover material original, permite la reutilización de los materiales originales, ha demostrado en la práctica ser una técnica de reparación duradera, compatible, de fácil acceso y económica.

4 CONCLUSIONES

El trabajo presentado ofrece una visión general de la gran variedad de técnicas existentes para la estabilización sismorresistente de los edificios de tierra. Se tiene en cuenta los principios de conservación del patrimonio arquitectónico, como la re-intervención, compatibilidad y el a veces difícil compromiso entre la preservación de la autenticad de la edificación y su estabilización sismorresistente; no contando esta última, con soluciones estándares para edificaciones de tierra, y sobre todo, históricas. Esta ponencia se basa en el principio de conservación que las técnicas de estabilización aplicadas tradicionalmente, que

utilizan materiales similares, compatibles y de bajo costo como la madera y/o la tierra, son probablemente las mejores soluciones para los sitios de tierra.

Tradicionalmente, la estabilidad adicional de una edificación se obtiene mediante el uso de vigas collar de madera, tirantes de madera que conectan muros paralelos, llaves de esquina o a través la edificación de contrafuertes. Es posible y algunas veces necesario combinar estas técnicas para proporcionar estabilidad total a un edificio histórico. Cada una de estas técnicas requieren de una correcta implementación: una viga collar debe estar conectada alrededor de todo el edificio, los tirantes de madera deben ser cuidadosamente conectados a los muros, y los contrafuertes deben estar conectados a los muros y no sólo adosados a los mismos para ser eficaces.

Mientras que el éxito de una técnica de estabilización sismorresistente se puede lograr mediante la combinación de las técnicas tradicionales mencionadas anteriormente, es posible que el uso de otras técnicas sea inevitable para cumplir ciertos criterios de rendimiento o para preservar ciertos valores de la edificación. En ese caso, las técnicas menos invasivas, tales como la introducción de un diafragma de madera contraplacada, barras horizontales de acero, una geomalla con revestimiento de tierra o un sistema de correas se deben tomar en cuenta; una vez que las técnicas tradicionales han sido estudiadas, descartadas o implementadas. Sin embargo, el considerar técnicas no-tradicionales requiere conocimiento especializado y un el análisis de su efectividad caso-por-caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo-Ibáñez, Q.; Mas-Tomás, A.; Galvañ-Llopis, V.; Sántolaria-Montesinos, J.L. (2012). Traditional braces of earth constructions. *Construction and building materials* 30, pp. 389-399.

Barrow, J.M.; Porter, D.; Farneth, S.; Tolles, E.L. (2009). Evolving methodology in seismic retrofit: Stabilizing the Las Flores Adobe. In *Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium: Getty Center, Los Angeles, April 11-13, 2006* Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp. 165–173. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/gsap_part4c.pdf

Charleson, A.W. (2009). Research on used car tyre strap reinforced adobe construction in Peru. In *New Zealand Society for Earthquake Engineering "Why Do We Still Tolerate Buildings That Are Unsafe in Earthquakes" 2009 Conference: 2-5 April 2009, Christchurch* Wellington, NZ: New Zealand Society for Earthquake Engineering, pp. Paper 34. http://www.nzsee.org.nz/db/2009/Paper34.pdf

D'Ayala, D.F.; Forsyth, M. (2007). What is conservation engineering? In: *Structures & Construction in Historic Building Conservation*, Forsyth, M. (ed.), Blackwell Publishing, UK.

D'Ayala, D.; Benzoni, G. (2012). Historic and traditional structures during the 2010 Chile earthquake: Observations, codes, and conservation strategies. *Earthquake Spectra* 28 (S1), pp. S425-S451. Disponible en http://dx.doi.org/10.1193/1.4000030

Dowling, D. (2006). Seismic strengthening of adobe-mudbrick houses. PhD thesis, University of Technology, Sydney, Faculty of Civil Engineering.

Dowling, D.M. (2004). Adobe housing in El Salvador: Earthquake performance and seismic improvement. In *Natural Hazards in El Salvador*. edited by William I. Rose, Julian J. Bommer, Dina L. López, Michael J. Carr and Jon J. Major. Special Paper, 375 Boulder, Colo.: Geological Society of America, pp. 281-300.

E.030 (2003). National Building Code, Technical standard of building – earthquake-resistant design, Lima, Peru.

EN 1998-3 (2005). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.

Hardy, M.; Cancino, C.; Ostergren, G., eds. 2009. *Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium: Getty Center, Los Angeles, April 11-13, 2006*. Los Angeles, CA: Getty Conservation Institute. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/gsap.html

Heinsen, C.; Perreira, M.; Maino, J.; Caicedo, R. (2012). *Manual de restauración y conservación de construcciones patrimoniales de tierra*. Arica, Chile: Fundación Altiplano. Disponible en http://fundacionaltiplano.cl/archivo/publicaciones/

Hume, I. (2007). The philosophy of conservation engineering. In: *Structures & Construction in Historic Building Conservation*, Forsyth, M. (ed.), Blackwell Publishing, UK.

Hurd, J. (2009). Observing and applying ancient repair techniques to pisé and adobe in seismic regions of Central Asia and Trans-Himalaya. In *Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium: Getty Center, Los Angeles, April 11-13, 2006,* Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp. 101-108. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/gsap.html

ICOMOS (2004a). *The Burra Charter: the Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance (1979, revisions 1981, 1988, 1999)*. In: International Charters for Conservation and Restoration, Monuments and Sites I, 2nd edition, ICOMOS, München.

ICOMOS (2004b). *The Venice Charter, International charter for the conservation and restoration of monuments and sites (1964)*. In: International Charters for Conservation and Restoration, Monuments and Sites I, 2nd edition, ICOMOS, München.

ICOMOS-ISCARSAH (2003). *Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage*. International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage (ISCARSAH).

ISRCHB (2006). *Guidelines for the conservation of historical masonry structures in seismic areas*. University of Minho, Technical University of Catalonia, Central Building Research Institute, Universita degli Studi di Padova, Project “Improving the Seismic Resistance of Cultural Heritage Buildings (ISRCHB).

Karababa, F.V.; Guthrie, P.M. (2006). Vulnerability reduction through local seismic culture: The case study of Lefkada, Greece. In *IEEE Internaional Symposium on Technology and Society, ISTAS'06 - Disaster Preparedness and Recovery, Flushing, NY, 9 June - 10 June 2006,* Piscataway, N.J.: Institute of Electrical and Electronics Engineers, pp. 1-16.

Keefe, L. (1993). *The Cob Buildings of Devon 2: Repair and Maintenance*. Devon: Devon Historic Buildings Trust. Disponible en http://www.devonearthbuilding.com/leaflets/the_cob_buildings_of_devon_2.pdf

Makarios, T.; Demosthenous, M. (2006). Seismic response of traditional buildings of Lefkas Island, Greece. *Engineering Structures* 28 (2), pp. 264-278.

Myrto, S. (2010). Seismic Behavior of Vernacular Greek Architecture: The Development of Earthquake-Resistant Structural Systems: The Case of Lefkada Island. Master's thesis, Conservation of Historic Buildings, University of Bath.

NRC-CNRC (1995). *Guideline for seismic upgrading of building structures*. National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, Canada.

Paganoni, S. ; D'Ayala, D. (2009). Development and testing of dissipative anchor devices for the seismic protection of heritage buildings. In*: ANCER Workshop 2009*, 2009-08-13 - 2009-08-14, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.

Paganoni, S.; D'Ayala, D. (2010). Dissipative device for the protection of heritage structures: a comparison of dynamic tests and FE models. *Proceedings of the XIV European Conference on Earthquake Engineering – 14th ECEE*, Ohrid, Republic of Macedonia

Roselund, N. (1990). Repair of cracked adobe walls by injection of modified mud. In *6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture: Adobe 90 Preprints: Las Cruces, New Mexico, U.S.A., October 14-19, 1990,* Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp. 336- 341. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/adobe90.html

Roselund, N. (1995). Buttresses, pilasters and adobe wall stability. In *Workshop on the Seismic Retrofit of Historic Adobe Buildings: March 10, 1995, at the J. Paul Getty Museum* Pasadena: Earthen Building Technologies, pp. 89-90.

Samanez Argumedo (1983). *Los sismos y la conservación de los monumentos en la zona andina del Perú. In La protección de monumentos históricos en áreas sísmicas: documentos y conclusiones: Seminario Internacional, La Antigua, Guatemala 4 al 11 de noviembre 1979 / organizado por el Centro Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala con la colaboración de UNESCO - PNUD - UNDRO - ICOMOS y la OEA.* [Lima, Perú]: Proyecto Regional de Patrimonio Cultural PNUD-UNESCO

Silva, R.; Schueremans, L.; Oliveira, D.; Dekoning, K.; Gyssels, T. (2012). On the development of unmodified mud grouts for repairing earth constructions: Rheology, strength and adhesion. *Materials and Structures* 45 (10), pp. 1497-1512. Disponible en http://dx.doi.org/10.1617/s11527-012-9853-y

Silva, R.; Schueremans, L.; Oliveira, D. (2009). Grouting as a repair/strengthening solution for earth constructions. In *1st WTA International PhD symposium* München WTA: Wiss.-Techn. Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege.

Tolles, E.L. (1996). *Survey of damage to historic adobe buildings after the January 1994 northridge earthquake*, GCI Scientific Program Report. Los Angeles: Getty Conservation Institute. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/adobe_northridge.pdf

Tolles, E.L.; Kimbro, E.E.; Webster, F.A.; Ginell, W.S. (2000). *Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures: Final Report of the Getty Seismic Adobe Project*. Los Angeles: Getty Conservation Institute. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/seismicstabilization.pdf

Tolles, E.L.; Kimbro, E.E.; Ginell, W.S. (2002). *Planning and Engineering Guidelines for the Seismic Retrofitting of Historic Adobe Structures*, GCI Scientific Program Report. Los Angeles: Getty Conservation Institute. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/seismic_retrofitting.pdf

Torrealva, D. (2008). Shear and out of plane bending strenght of adobe walls externally reinforced with polyproylene grids. In *14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, 2008, Beijing, China: Innovation, Practice, Safety* Beijing: World Conference on Earthquake Engineering.

Torrealva, D.; Vargas-Neumann, J.; Blondet, M. (2009). Earthquake resistant design criteria and testing of adobe buildings at Pontificia Universidad Católica del Perú. In *Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium: Getty Center, Los Angeles, April 11-13, 2006,* Los Angeles, CA: Getty Conservation Institute, pp. 3-10. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/gsap.html

Vargas-Neumann, J.; Dandona, B.; Blondet, M.; Cancino, C.; Iwaki, C.; Morales, K. (2011). An experimental study of the use of soil-based grouts for the repair of historic earthen walls and a case study of an early period Buddhist monastery. In *Terra 2008: Proceedings of the*

10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, Bamako, Mali, February 1-5, 2008. edited by Leslie H. Rainer, Angelyn Bass Rivera and David Gandreau, Los Angeles: Getty Conservation Institute, pp. 301- 306. Disponible en http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/terra_2008.pdf

Walker, C. F. (2008). *Shaky colonialism: The 1746 earthquake-tsunami in Lima, Peru, and its long aftermath*. Durham: Duke University Press.

Webster, F. (2006). Development and application of stability-based retrofits of historic and older adobe buildings in California. In *Proceedings of the 8th US National Conference on Earthquake Engineering,* Berkeley: Earthquake Engineering Research Institute, pp. 8049-8057.

Workshop on the Seismic Retrofit of Historic Adobe Buildings: March 10, 1995, at the J. Paul Getty Museum (1995). Pasadena: Earthen Building Technologies.

Yamin, L.E.; Phillips, C.A.; Reyes, J.C.; Ruiz, D.M. (2004). Seismic behavior and rehabilitation alternatives for adobe and rammed earth buildings. In *13th World Conference on Earthquake Engineering Conference Proceedings, Vancouver, British Columbia, Canada, August 1-6, 2004* Vancouver, B.C.: 13th WCEE Secretariat.

Notas

[1] Cuando intervenciones sean necesarias lo ideal es que sean realizadas con los mismos materiales utilizados en la construcción original, es decir, históricos. En algunos casos, sin embargo, esto puede ser intrusivo y provocar la pérdida de material original poniendo en riesgo la autenticidad de la edificación. Materiales compatibles (siguiente principio) pueden ser una solución adecuada en este caso.

[2] Esta ponencia considera muros fuera de plano y en plano a los muros perpendiculares y paralelos (respectivamente) a la dirección principal de carga generada por un sismo (Figura 2).

Agradecimientos

Los autores quieren dar gracias a Sara Lardinois del Getty Conservation Institute, a Daniel Torrealva y Erica Vicente de la Pontificia Universidad Católica del Perú, y a Dina D'Ayala y Natalie Quinn de la *University College of London* por el aporte de ideas durante el desarrollo de esta ponencia. Un agradecimiento especial a Claudia Cancino del GCI por sus comentarios y revisiones, y al Arq. Gerardo Hernández Septién por su ayuda con la traducción.

Currículo

Tim Michiels es bachiller y magister en Ingeniería Civil de la Universidad de Lovaina (KULeuven, Bélgica) y está terminando actualmente una Maestría Avanzada en Conservación de Monumentos y Sitios Históricos en el "*Raymond Lemaire International Centre for Conservation*", también en Lovaina. En el 2012, le fue otorgado una pasantía (*Graduate Internship*) en el Getty Conservation Institute, y es parte del equipo del "*Earthen Architecture Initiative – Seismic Retrofitting Project (SRP)*"

Carina Fonseca Ferreira es estudiante de doctorado en Ingeniería Sísmica en la *University College London*. Investiga la respuesta sísmica de edificios eclesiásticos históricos construidos en tierra y madera para estabilizarlos sísmicamente. Su investigación es parte del "*Earthen Architecture Initiative – Seismic Retrofitting Project (SRP)*". Obtuvo el título de magister en Ingeniería Civil, donde estudió la vulnerabilidad sísmica de edificios tradicionales de adobe, por la Universidad de Aveiro, en Portugal.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICO – PROYECTUALES PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS ESPONTÁNEAS

Verónica Sirerol, Osvaldo Albarracín, Alicia Pringles

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat- Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño-
Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de La Roza y Meglioli - Rivadavia - San Juan - # 5400
Tel.:+54 264 4232395
vero_sirerol@hotmail.com; osvaldo_albarracín@yahoo.com.ar; apringles@faud.unsj.edu.ar

Palabras clave: Tecnologías apropiadas, Mejoramiento de viviendas, Vulnerabilidad física.

Resumen

La provincia de San Juan, se caracteriza como la región de mayor peligrosidad sísmica de la República Argentina y aunque, la mayoría de las viviendas sociales con financiamiento estatal son construidas con prescripciones sismorresistentes para la construcción de edificios, hay áreas urbanas residenciales con alta vulnerabilidad sísmica.

Este trabajo forma parte de las actividades inherentes a la Beca Interna de Investigación de categoría perfeccionamiento con el tema: "*Alternativas Tecnológico-Proyectuales para La Mitigación de La Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas Espontáneas*", y se enmarca dentro del proyecto "*Vulnerabilidad Sísmica de barrios. Estratégicas Tecnológicas de Mitigación"*[1]

El mismo, busca capitalizar y ampliar desarrollos tecnológicos relativos a la disminución de la vulnerabilidad sísmica de tipos de construcciones destinadas a viviendas familiares realizadas en el Gran San Juan, sin la consideración de normas de sismorresistencia (INPRES-CIRSOC 103, CONCAR 70, NAA 80).

Por lo tanto, dentro de los objetivos planteados se proponen alternativas tecnológico-proyectuales que mitiguen tipos constructivos identificados como muy vulnerables al sismo en la vivienda espontánea, a fin de mejorar las condiciones de habitabilidad de viviendas de sectores sociales con Necesidades Básicas Insatisfechas. Es por ello que, para alcanzar lo antes planteado, se presenta a continuación un breve marco de referencia teórico-contextual en el que se enmarca el desarrollo metodológico propuesto. Este plantea: la selección de los casos de estudio, escenarios GIS generados dentro de las investigaciones de los proyectos "Vulnerabilidad física y social de un sector residencial, de elevado riesgo sísmico en la ciudad de San Juan" y "Mapas SIG de la vulnerabilidad sísmica de la Villa Mariano Moreno y 2 de Abril"[2] cuyo fin fue determinar las variables conceptuales e instrumentales que definen la vulnerabilidad sísmica, es decir la vulnerabilidad física y social de los sectores residenciales con NBI; y evidencian desde el aspecto tecnológico la vulnerabilidad física de las viviendas de carácter espontanea localizadas en la Villa Mariano Moreno y 2 de Abril, departamento Chimbas, provincia de San Juan, Argentina (UEP-PROMEBA, 2008).

Posteriormente, se definen operativamente las variables que identifican la vulnerabilidad física de viviendas de carácter espontáneo y permiten identificar los tipos constructivos recurrentes, posibles de mitigar a través de los desarrollos y las alternativas tecnológico-proyectuales propuestas, que sean susceptibles de asimilar y de aplicar en las viviendas de dichos pobladores.

Finalmente, para el desarrollo de algunas de las alternativas tecnológicas se genera una base de datos sobre el estado del arte en la temática, el mismo reúne investigaciones de autores a nivel latinoamericano, las que se ordenan en fichas técnicas según las variables antes establecidas. Y como resultado de este trabajo se busca elaborar un manual/folleto guía que permita abordar la temática de manera ordenada y clara, la que desde una comunicación visual aprehensible permita brindar toda la información necesaria para capacitar a los pobladores; y así, mitigar el riesgo sísmico en la construcción de sus viviendas.

1. INTRODUCCION

Si bien rige en Argentina la norma INPRES-CIRSOC 103 con prescripciones sismorresistentes para la construcción de edificios, hay áreas urbanas de alta vulnerabilidad sísmica. Esta situación, tiene origen a que, amplios sectores de la población tienen dificultad para acceder a viviendas ofrecidas por

organismos de gobierno o con el asesoramiento de profesionales de la construcción y resuelven su hábitat con los recursos que disponen, asentándose en áreas inadecuadas y sin ninguna previsión ante el sismo.

El resultado son agrupamientos de viviendas de construcción espontánea realizadas sin asistencia técnica ni control estatal que se localizan en áreas periurbanas. Es por ello que, se busca capitalizar y ampliar desarrollos tecnológicos relativos a la disminución de la vulnerabilidad sísmica de tipos de construcciones destinadas a viviendas familiares realizadas en el Gran San Juan, Argentina sin la consideración de normas de sismorresistencia (INPRES-CIRSOC 103, CONCAR 70, NAA 80).

El presente trabajo pretende realizar un aporte a la problemática de la vulnerabilidad de los más desprotegidos, a través de la exploración del aspecto tecnológico y las posibilidades de mitigar la vulnerabilidad física de las viviendas de carácter espontanea.

A partir de un **desarrollo metodológico** adecuado se intenta obtener además de un diagnóstico, una serie de soluciones de orden tecnológico-proyectual sustentables técnica, económica y socialmente que serán susceptibles de asimilar y de aplicar en las viviendas por dichos pobladores, a fin de mitigar el riesgo sísmico de la construcción de sus viviendas.

2. MARCO DE REFERENCIA

> *El tema de la intervención en el problema de los desastres ha transitado durante los últimos 18 años una fuerte evolución conceptual. Los desastres se dejaron de ver como un sinónimo de eventos naturales o el sencillo resultado casi automático de estar expuestos a estos, o la falta de la resistencia física frente a tales eventos y comenzaron a comprenderse como una orientación guiada por el reconocimiento del riesgo*. (Lavell, 2004, p.1)

Con esto, la costumbre de referirse a la Administración o Manejo de desastres ha dado paso en muchos lugares a la noción de la Gestión del Riesgo. En consecuencia, la gestión del riesgo se construye como concepto y práctica considerando el riesgo como característica cambiante y cubriendo lo que tradicionalmente se han llamado en el tema de los desastres, la prevención, mitigación, preparativos, respuesta y reconstrucción.

Un evento adverso se puede definir como el fenómeno que produce cambios desfavorables en las personas, la economía, los sistemas sociales o el medio ambiente; puede ser de origen natural, generado por la actividad humana o de origen mixto y puede causar una emergencia o un desastre (Organización, 2004).

En una emergencia, las acciones de respuesta se pueden manejar con los recursos disponibles localmente; en cambio, un desastre supera la capacidad de respuesta de la comunidad afectada. Para que se presente un daño de cualquier magnitud, se necesita que interactúen la amenaza y la vulnerabilidad en un contexto dado, lo cual configura el riesgo de que se produzca efectivamente el daño en un determinado nivel de afectación.

Por lo tanto se define la amenaza como la posibilidad de que ocurra un fenómeno o un evento adverso que podría generar daño en las personas o su entorno, derivado de la naturaleza, de la actividad humana o de una combinación de ambos y que puede manifestarse en un momento y un lugar específicos con una magnitud determinada y la vulnerabilidad como la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de un elemento o de un sistema de ser afectado gravemente. Es el factor interno del riesgo, debido a que esta situación depende de la actividad humana y debe entenderse en función de cada tipo de amenaza. Por ejemplo una vivienda o cualquier otro tipo de construcción pueden ser vulnerables a los terremotos si no cuenta con un diseño adecuado.

La interacción de la amenaza y la vulnerabilidad en determinado momento y circunstancia genera un riesgo, es decir, la probabilidad de la generación de daños por la presentación del fenómeno esperado, en un lugar específico y con una magnitud determinada.

Desde una perspectiva cuantitativa la vulnerabilidad edilicia en el campo de la vivienda resulta uno de los aspectos de relevancia a considerar en la evaluación del riesgo sísmico.

Por lo tanto, la mitigación de la misma aparece como requerimiento de primer orden en cualquier acción relativa a la gestión del riesgo a escala urbana.

Factores de orden tecnológico, económico y social se conjugan en la génesis de todo edificio, particularmente en los destinados a vivienda y son estos factores los que inciden en los niveles de vulnerabilidad sísmica resultante, y es por ello que deben considerarse en toda acción que tenga como objetivo la mitigación del riesgo ante sismos de diferente intensidad.

En la región, la sismorresistencia constituye un factor de fuerte incidencia en la habitabilidad de las viviendas. Sumado a ello, dentro de los niveles de exclusión social de los sectores aludidos se manifiestan físicamente en la materialización de barrios de viviendas autoconstruidas con índices de habitabilidad considerablemente bajos. Esta situación, tiene origen en la dificultad de sus habitantes para acceder tanto al servicio profesional especializado como a materiales de construcción "nobles". El resultado son agrupamientos de viviendas de construcción espontánea realizadas sin asistencia técnica ni control estatal que se localizan en áreas periurbanas.

Las normas de construcción, nacionales y provinciales (INPRES CIRSOC – Código de Edificación de San Juan), prescriben consideraciones estructurales para que una construcción pueda ser considerada habitable. Tales normas no resultan aplicables a los casos de las viviendas existentes mencionadas ya que su aplicación estricta induciría a la demolición con el consecuente impacto social que afectaría a un sinnúmero de pobladores.

No obstante existen métodos de consolidación de edificios construidos con tierra cruda, desarrollados por investigadores de la PUCP[3] que podrían ser de aplicación a la problemática, posibilitando la disminución del riesgo de colapso por comportamiento frágil, al tiempo que propicie un comportamiento elástico de la construcción, retardando de esta manera el tiempo de colapso ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable. La sustentabilidad económica de las soluciones posibles podría encontrar en la "autoconstrucción asistida" un recurso posibilitante. Entendiendo aquella como los métodos y/o técnicas de construcción que con apoyatura técnica, permitan el mejoramiento de la sismoresistencia de la vivienda, mediante el esfuerzo propio o la ayuda mutua, con la adopción de procedimientos y sistemas constructivos de baja complejidad.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

La metodología adoptada es de carácter explicativa-propositiva y está concebida para la valoración cuali-cuantitativa del problema. Considerando un análisis cualitativo del caso de estudio se tratará de reconocer los aspectos deficitarios de las soluciones habitacionales espontánea, para luego conjuntamente con la información del relevamiento tomado como base de referencia[4], se buscará estudiar las obsolescencias físicas de las viviendas espontaneas para poder identificar tipologías constructivas recurrentes.

Por lo tanto, se abordaron las siguientes etapas metodológicas:

3.1. Elección del Barrio

Para este trabajo se seleccionó la Villa Mariano Moreno por ser un asentamiento característico de problemas de vulnerabilidad sísmica.

La villa, se localiza en el Departamento de Chimbas, en la periferia de la ciudad de San Juan, Argentina, en un sector al este de Ruta Nacional N°40, fuera del límite urbano establecido por la D.P.D.U.[5]

Su localización no planificada y próxima con las fábricas del lugar derivó en problemas como el hacinamiento y la contaminación. Esta realidad fue parcialmente revertida con el plan provincial de erradicación de villas, que logró reubicar a muchas de las familias en barrios nuevos.

Aun así los problemas vulnerabilidad sísmica persisten y se debe a que, si bien está presente en el sector cierta cultura constructiva producto de la necesidad habitacional, no existe una marcada conciencia sobre los efectos que un sismo destructivo pueda ocasionar en las viviendas; y por consiguiente estas construcciones, en general, no son concebidas para responder adecuadamente a un evento sísmico (Figura 1).

Figura 1. Sectores de la Villa Mariano Moreno

3.2. Variables de análisis de la vulnerabilidad sísmica

Para identificar los tipos constructivos de viviendas de carácter espontaneo que se encuentran en las Villas Mariano Moreno y 2 de abril, se tomó como referencia las definiciones conceptuales y operativas de las variables establecidas en el proyecto *Vulnerabilidad física y social de un sector residencial de elevado riesgo sísmico en la ciudad de San Juan*[6], con el fin de establecer cuáles serían los problemas constructivos respecto de las viviendas ejecutadas espontáneamente. Es por ello que, se abordó en profundidad la variable física.

- **Vulnerabilidad física asociada al sismo**

La vulnerabilidad debe entenderse en función de cada tipo de amenazas. Por lo tanto se definen los aspectos físicos de cada elemento según el tipo de construcción de las viviendas, que pueden ser vulnerables a los terremotos si no cuenta con un diseño adecuado. Las sub-variables abordadas son las siguientes (Tabla 1):

Tabla 1 – Cuadro de variables de referencia

ASPECTOS MORFOLÓGICOS	Regularidad en Planta		
	Esbeltez en Planta		
	Esbeltez en Altura		
	Cantidad de muros en las dos direcciones		
SISTEMA ESTRUCTURAL	Diafragma Rigido	-Cubierta de Techo	
		-Tipo de Losa	
		-Cerramiento Vertical	
		-Estructura	-Densidad de Muros
			-Trabas de Mampuestos
			-Tamaño de aberturas
			-Estructura Vertical
			-Estructura Horizontal
	Diagrama Flexible	-Cubierta de Techo	
		-Elementos Resistentes	
		-Tipo de Mampuestos	
		-Cerramiento Vertical	-Lon. De Muros
			-Esp. De Muros
			-Traba del Mampuesto
			-Ubicación de la abertura
			-Ubicación de los muros
		-Estructura	
CIMENTACIÓN Y SUELOS	Capacidad Portante del Suelo		
	Existencia de Cimientos		
ENTORNO	Seguridad		
PATOLOGÍAS	Asentamientos y Deformaciones Visibles		
	Humedad		
	Grietas		
	Otros	Estado de Cielorraso	
		Existencia de posos	
		Calidad de la Instalación Eléctrica	
		Falta de Mantenimiento	

4. DESARROLLO TECNOLÓGICO

4.1. Base de datos, recopilación de investigaciones de autores latinoamericanos

Con el objeto de recoger toda la información referente a técnicas de refuerzo para construcciones de adobe y sus características esenciales se procede a la creación de la base de datos de trabajos de investigación que se lleven a cabo a nivel Latinoamericano.

La creación de la base de datos surge de la necesidad de disponer de un "almacén" de documentos difundidos a nivel latinoamericano que permita indagar sobre las posibilidades constructivas, materiales y mano de obra específica.

4.1.1 Características de la base de datos

La base de datos bibliográfica elaborada contiene información de publicaciones e investigaciones realizadas sobre: técnicas, materiales y normativas que abordan el reforzamiento de construcciones con tierra.

Desde esta base de datos relacional se busca sistematizar e identificar claramente todos los datos e información sobre la temática, a fin de facilitar en el desarrollo de las soluciones *proyectuales-tecnológicas-constructivas* que permitan abordar las alternativas tecnológicas adecuadamente.

El criterio para ordenar la información se define a partir de cinco paquetes de datos en función del contenido de las investigaciones recopiladas:

- **Ensayos**: Se refiere a ensayos tecnológicos, a la comprobación de una o más propiedades o características de un material, producto, conjunto de observaciones que sirven para formar un juicio de dichas características o propiedades. Se intenta de esta manera simular las condiciones a las que va a estar expuesto un material.
- **Reforzamiento**: Se refiere a técnicas que fortalecen el sistema constructivo existente añadiendo nuevas fuerzas. Aumenta su calidad resistente.
- **Manuales**: Se refiere a todos aquellos manuales de procedimiento que detallan cada una de las etapas en la construcción con tierra.
- **Materiales:** Se refiere a materiales tecnológicos y sus propiedades.
- **Videos**: Se refiere a videos científico-técnico donde se exponen contenidos relacionados con la tecnología y se explica el comportamiento de fenómenos de carácter físico. Además de aquellos que, obedeciendo a una determinada intencionalidad, son utilizados como recursos didácticos y que han sido específicamente realizados con la idea de enseñar.

4.1.2. Diseño de la base de datos

El objetivo principal del diseño es construir un modelo de los datos sistematizado, considerando los grupos anteriormente definidos.

Se parte de diseñar tablas de datos para cada paquete de investigaciones que contenga la información general de cada una, de manera que, permita identificarlas rápidamente para poder profundizar sobre la misma a través de un vínculo con el archivo completo.

Cada paquete está compuesto por una tabla organizada por las columnas de datos en la figura 2.

Figura 2. Ejemplo de la tabla de datos para cada paquetes de investigaciones

4.2. Fichas de datos – Folleto guía

Una vez relevada la realidad constructiva de las Villas, según las variables de referencia, se elaboran un conjunto de fichas diagnósticas, que definen un folleto guía; para luego ser utilizado, no sólo por profesionales, sino por los pobladores que les permitan identificar las posibles mejoras de sus viviendas. Estas, identifican las características generales de la vivienda y los aspectos tecnológicos deficitarios que presentan las mismas, para luego proponer alternativas tecnológicas -que mitiguen la vulnerabilidad física detectada.

Por lo tanto, se definen dos grupos de fichas según su contenido:

A- Estado general de la vivienda/entorno inmediato (Figura 3): Este grupo de fichas se dividen en tres secciones. La primera hace referencia a la vivienda en relación a su entorno inmediato considerando la localización, la infraestructura y la zona colindante, mientras que la segunda sección está encargada de recolectar datos propios de la vivienda como morfología, tipología y estado de la vivienda. Por último la tercera sirve para el desarrollo de un informe general del estado de la vivienda según los datos obtenidos de las dos secciones anteriores.

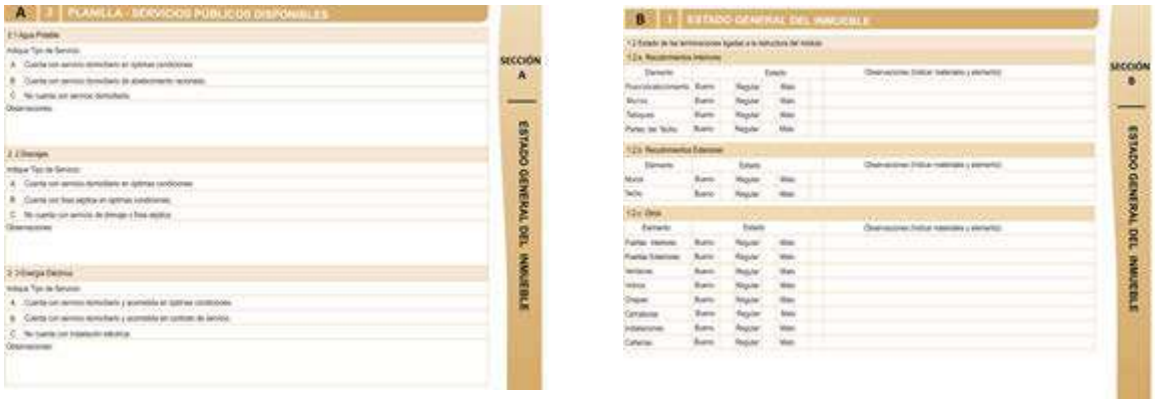


Figura 3. Ejemplo de ficha para relevamiento deuna vivienda

B- Evaluación del estado de la vivienda (Figura 4): Describe según el estudio de la vulnerabilidad física y de sus sub-variables de análisis, las deficiencias constructivas recurrentes de las viviendas analizadas, que permitan posteriormente el desarrollo de alternativas tecnológicas apropiadas para la autoconstrucción.

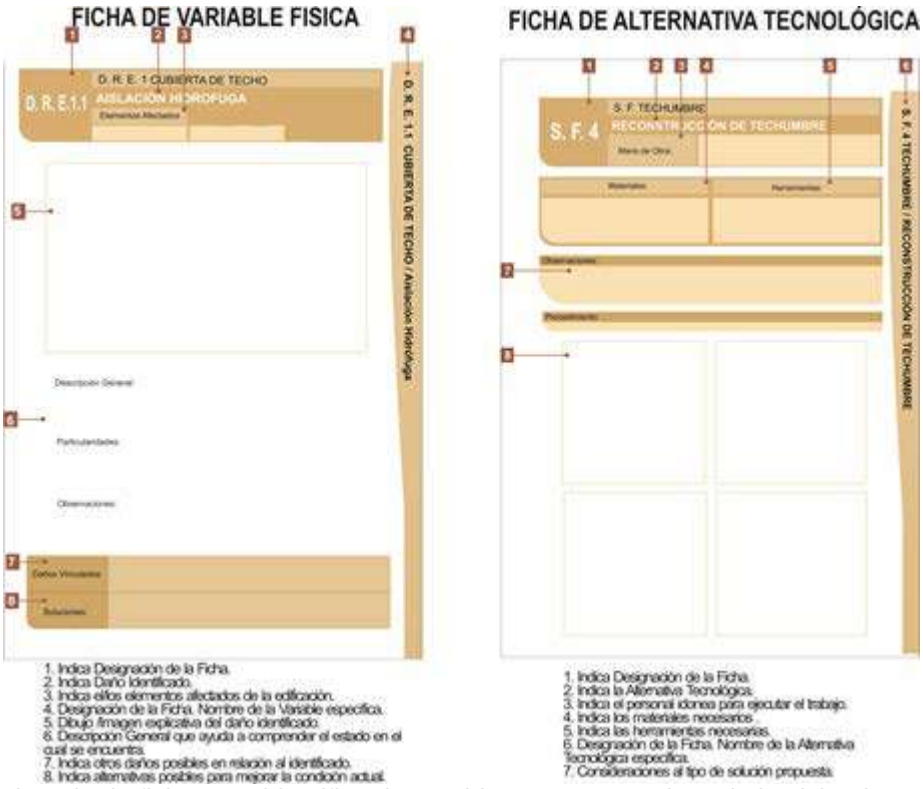


Figura 4: Ejemplo de ficha para identificar los problemas constructivos de la vivienda y su solución

4.3. Propuesta tecnológica

Desde las fichas de evaluación del estado de cada vivienda y una vez identificados los tipos constructivos recurrentes, que a nivel estadístico se repiten con mayor frecuencia, se proponen, usando como referencia la Base de Datos elaborada, diferentes alternativas tecnológico-constructivas que mitiguen el riesgo sísmico. Posteriormente se elaboran las fichas-guías que permitan generar un manual-folleto que sea aprehensible, no solo por los técnicos y profesionales del área, si no también por los pobladores de las villas (Figura 5).

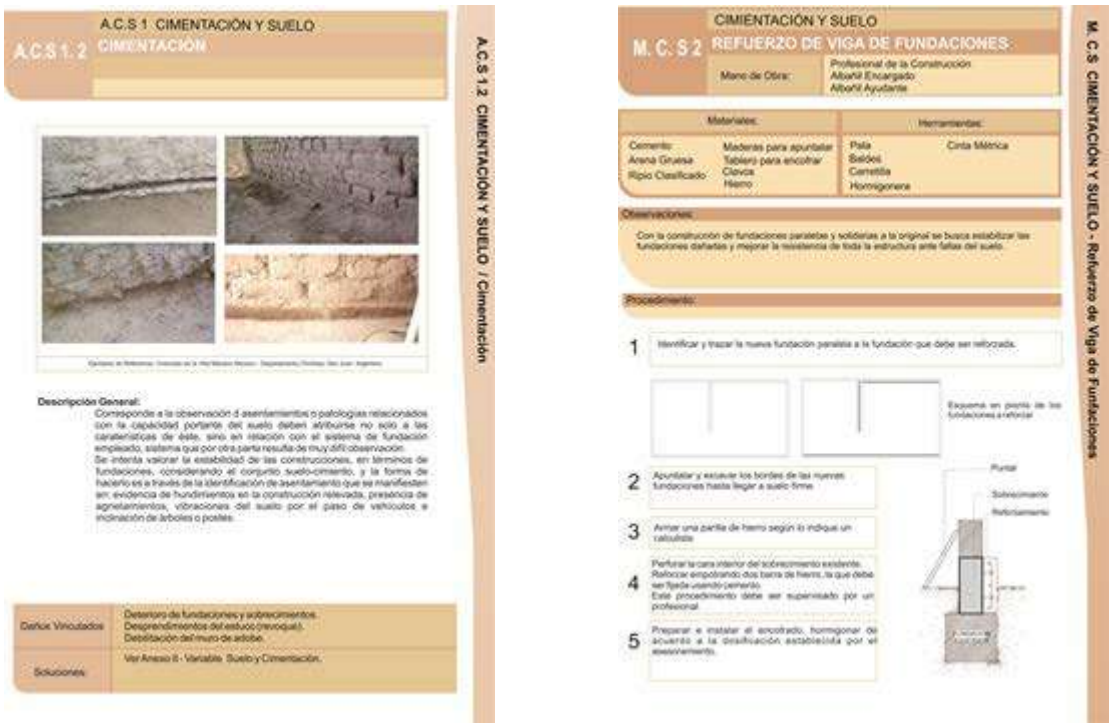


Figura 5: Ejemplo: Alternativa tecnológica de mejoramiento

5. CONCLUSION

Este trabajo analizó conceptos teóricos y operacionales sobre la vulnerabilidad física asociada al sismo. Esto permitió comprender las diferentes perspectivas conceptuales para poder interpretar la realidad de los sectores con necesidades básicas insatisfechas.

Por la metodología desarrollada que permitió reconocer las obsolescencias físicas de las viviendas espontaneas se identifican los aspectos deficitarios de sus soluciones habitacionales.

Uno de los principales aportes de este trabajo es la creación de la base de datos sobre investigaciones de autores latinoamericanos. A partir de las investigaciones recopiladas, no solo se logró profundizar en la temática, sino que permitió generar conocimiento para luego proponer alternativas tecnológicas apropiadas. Además, al sistematizar y presentar desde una comunicación visual adecuada (fichas-guías), la información de diagnóstico sobre el estado constructivo de las viviendas de carácter espontáneo de las villas y su propuesta tecnológica que mitigue el riesgo sísmico de aquellos tipos constructivos recurrente, se genera un documento de referencia y consulta continua, no solo para los técnicos del área, sino también para sus pobladores.

Es decir que, se aportan herramientas que permitirán identificar las problemáticas constructivas recurrentes, y profundizar sobre ellas, y obtener información específica sobre técnicas de refuerzo para construcciones de adobe y sus características esenciales.

Además, la identificación de las alternativas tecnológicas de mejoramiento para mitigar el riesgo sísmico de la vivienda espontanea permitirá abrir nuevos y futuros caminos de investigación relacionados con la verificación y evaluación del comprotamiento de las propuestas expuestas en casos de estudio concretamente. A través del desarrollo de actividades prácticas que permitan ejecutar y materializarlas, y con el estudio y la profundización del comportamiento ante esfuerzos sísmicos de las mismas por medio de ensayos se podrá verificar o no la disminución del riesgo detectado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lavell, Allan. (2004). Las perspectivas de la gestión del riesgo y la evolución conceptual. *ARQUISUR. XXIII Encuentro VII Congreso Arquitectura en Zonas de Alto Riesgo. En acta Digital. pag. 1.* http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc15584/doc15584-contenido.pdf

Normas Antisímicas CONCAR 70. Normas Argentinas para la construcción sismorresistentes. INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sismica) – Reglamento año1970.

Normas Antisísmicas Argentina NAA 80. Normas Argentinas para la construcción sismorresistentes. INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sismica) – año1980.

Organización Panamericana de la Salud, (2004). *Manual de evaluación de daños y necesidades en salud para situaciones de desastre.* p. 5-10.

Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para la construcción sismorresistentes. INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sismica) – Reglamento actualizado año1991.

UEP-PROMEBA. (2008). *Diagnóstico integral completo. Proyecto Villa Mariano Moreno y 2 de Abril.* Provincia de San Juan. Argentina.

Notas

[1] Proyecto de Investigación financiado por la SECYT y la UNSJ. Programa de Incentivos. (CICITCA-UNSJ) Ejecutado en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño –Universidad Nacional de San Juan, Argentina y dirigido por los Arqs. Osvaldo Albarracín y Alicia Pringles. Duración trianual, período 2010-2013.

[2] Proyectos Internos de Investigación financiados por Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan. Ejecutados en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño –Universidad Nacional de San Juan, Argentina y dirigidos por los Arqs. Alicia Pringles y Amelia Scognamillo. Duración Anual, Período 2011-2012.

[3] Pontificia Universidad Católica del Perú.

[4] Directora Dra. Arq. Pringles Alicia – Co-Director Arq. Scognamillo Amelia. Año 2010/2011. Proyecto Inteno de Investigación, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Uiversidad Nacional de San Juan - Argentina

[5] Dirección Provincial de Desarrollo Urbano. Gobierno de la Provincia de San Juan.

[6] Proyecto Interno de Investigación, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Uiversidad Nacional de San Juan - Argentina. Directora Dra. Arq. Pringles Alicia – Co-Director Arq. Scognamillo Amelia. Año 2010/2011.

Currículo

Verónica D. Sirerol. Arquitecta. Candidata a Doctora en Arquitectura (Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Uiversidad Nacional de San Juan - Argentina). Docente de la asignatura de Construcciones I, Área de Tecnología de la FAUD. Becaria de la Universidad Nacional de San Juan.

Osvaldo Albarracin. Arquitecto, Candidato a Doctor en Arquitectura (Universidad de Mendoza) Docente del Área de Tecnología de la FAUD. Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Vivienda de Interés Social" Secretario Técnico de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.. Miembro de la Red Iberoamericana Proterra.

Alicia V. Pringles Belvideri. Doctora en Arquitectura (Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad de Mendoza). Actualmente es Secretaria Académica de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la UNSJ. Es docente e investigadora del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - FAUD-UNSJ. Directora y Co-Directora de Proyectos de Investigación, Extensión y de Becas en la Investigación.

APLICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE RECONSTRUCCIÓN ESTATALES EN POBLADOS PATRIMONIALES DESPUES DEL TERREMOTO DE CHILE 2010: EL CASO DEL POBLADO DE GUACARHUE Y MALLOA

Patricio Arias Cortés[1], Lía Karmelic Visinteiner[2], Pablo Alvear Pacheco[3]

Arias Arquitectos Asociados y Surtierra Arquitectura, Santiago, Chile
Tel. (+56) 227354996
[1]p.arias@ariasarquitectos.cl; [2]l.karmelic@ariasarquitectos.cl; [3]p.alvear@ariasarquitectos.cl

Palabras claves: patrimonio, vivienda, restauración, terremoto.

Resumen

El terremoto en Chile de febrero de 2010, dejó al descubierto una realidad velada para el estado: la gran cantidad de viviendas construidas en adobe y otros sistemas de tierra cruda, que se encuentran fuera de las normas de construcción chilenas. Paradojalmente estas viviendas conforman un símbolo del patrimonio y de la identidad nacional del país. La mayoría de los poblados ubicados en la zona afectada (la más poblada de Chile), están formados por viviendas construidas en adobe adosadas en fachada continua.

La primera reacción de las autoridades locales, intentado dar soluciones rápidas a la población, fue destruir las construcciones dañadas, arrasando con la pala mecánica poblados enteros o parte de ellos, dejando en condición vulnerable las viviendas que quedaron en pie.

Felizmente la gran cantidad de edificaciones que resistieron el sismo y ante la contundencia del valor patrimonial, constructivo, tecnológico, histórico e identitario que poseen, generó una revalorización por parte de las comunidades locales.

El movimiento ciudadano y de grupos profesionales (de los cuales formamos parte) permitió sensibilizar a los actores políticos relevantes (senadores, diputados alcaldes, etc.) exigiendo al estado tomar cartas en el asunto, con el fin de posibilitar la reconstrucción y restauración de viviendas con estos materiales tradicionales. Producto de ello se logró incorporar dentro de las opciones de subsidios estatales para la edificación de viviendas, una alternativa que permite restaurar inmuebles dañados en adobe. La figura legal tiene una serie de detalles técnicos legislativos y económicos que se siguen puliendo.

En este marco, la ponencia presenta la ejecución de los proyectos de restauración de un numero de viviendas incorporado en el subsidio especial: “Plan de Reconstrucción Patrimonial” en la VI región de O’Higgins. Se presentará el trabajo realizado en los poblados de Malloa y Guacarhue, fruto de dos años de participación con la comunidad y los estamentos gubernamentales encargados del plan de reconstrucción, el cual refleja el avance del proceso para modificar el marco legal que permita incorporar el material tierra dentro del formato oficial de las políticas públicas de vivienda.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, la construcción en tierra cruda está presente a lo largo de casi todo el país, en sectores urbanos y en el mundo rural, desde la fundación de las ciudades hasta la actualidad de manera constante. Estamos hablando de una riquísima cultura constructiva en este material, que se ha desarrollado desde 800 AC[1] hasta nuestros días. Existen diversos factores que inciden en el uso de este material; climáticos (mejora las condiciones térmicas en zonas de grandes oscilaciones de temperatura), económicos (material al alcance de todos sin procesos industriales), culturales (saber hacer), geográficos y sísmicos.

Ésta forma de construir se ha fundado en una constante experimentación por parte de los constructores que han ido generando cambios en la manera de utilizar el material, adaptándolo a los diferentes estilos arquitectónicos[2] y mejorando sus condiciones sísmicas al combinar la tierra con otros materiales; a estas combinaciones se les llama sistemas mixtos, que en Chile, se han desarrollado necesariamente por la situación sísmica que

caracteriza a su territorio. Estos sistemas han sido utilizados principalmente después de la independencia y durante el período republicano, períodos en que se consolidaron las ciudades.

Ha sido la vivienda el ámbito principal de desarrollo y experimentación de las técnicas constructivas en tierra, tanto en el ámbito rural como en el urbano. Siendo el ámbito rural el que ha conservado la tradición adobera. Esta situación se traduce en que aproximadamente un 60% del patrimonio construido en tierra está representado por edificaciones de uso residencial (Karmelic, 2009).

Lamentablemente las técnicas tradicionales y con ellas también el uso de algunos materiales se han ido perdiendo paulatinamente, siendo reemplazadas por las técnicas industrializadas y materiales estandarizados que hoy acostumbramos ver en las edificaciones nuevas en Chile y en otros lugares del mundo, generando un cambio en los modos de vida locales. La pérdida de esta práctica cultural trae consigo el olvido de las tradiciones históricas de "conservación endógena" (Hays & Matuk, 2000) de dichas edificaciones, por los que hoy no son mantenidas adecuadamente; esto ha llevado entre otras cosas a alterar sus condiciones precedentes o iniciales. Es importante agregar que este factor identitario en el modo de construcción y por consiguiente en el modo de habitar, como es el caso de los pueblos del Norte Grande (San Pedro de Atacama, Chiu-Chiu, etc.) o de la zona central, es valorado internacionalmente y genera un nicho productivo y laboral a través del turismo.

Figura1 – Imágenes pueblo de Guacarhue pre y post terremoto. (Créditos: Lía Karmelic, 2009-2010)

2. ANTECEDENTES

El Patrimonio en tierra es un ámbito poco estudiado en Chile, hasta hace muy poco se enfrentaba como un recuerdo y no como una realidad presente. La situación sísmica del país, ha generado una percepción negativa de la edificación con tierra cruda, más específicamente del adobe[3]. Luego del terremoto de la ciudad de Chillán en 1939, donde más de la mitad de la ciudad se derrumbó, dejando según cifras oficiales 5.648 muertos (20.000 según la prensa)[4], se culpó a la antigua construcción de Adobe de tamaña catástrofe. Ésta situación llevó al Gobierno de Pedro Aguirre Cerda, presidente al momento de la catástrofe, a tomar medidas para evitar otro desastre parecido, creando una norma antisísmica[5] que dejó afuera los sistemas de tierra, desconociendo una gran cantidad de construcciones de tierra que sí pudieron responder sísmicamente, y cortando la evolución empírica de las técnicas que se venía dando hacía siglos en el país.

A partir de esta normativa, en que la tierra quedó excluida y se exaltaron las cualidades del Hormigón, se valorizó a nivel popular el nuevo material importado (que genera un gran

mercado productivo), seguro y firme, quedando la tierra (que no involucra procesos productivos) asociada a la marginalidad y a la pobreza.

Sin embargo muchas construcciones en Chillán y otras ciudades de Chile que siguieron en pie luego de este y de otros terremotos anteriores y posteriores, algunas en perfectas condiciones y otras no tanto, hoy se encuentran como testimonio de nuestra historia. La mayoría de las construcciones de la zona central y Norte del país que tienen una data anterior a 1930 y que están hoy en pie están construidos en algún sistema de tierra cruda.

Esta situación ahora es una realidad de carácter y alcance nacional, el terremoto de 2010 volvió a poner el tema en el tapete, tanto a nivel normativo como político. A diferencia del terremoto de 1986 en que se abolió la palabra adobe de las universidades, este terremoto abrió el debate público a tal nivel que se ha transformado en una oportunidad de trabajo para el mercado de arquitectos incidiendo en que el riesgo recae ahora en la falta de experiencia de los arquitectos que están interviniendo. Es decir el terremoto de 2010 abrió un nicho productivo laboral en torno a la restauración/reconstrucción con tierra, haciendo obligatoria la regulación y especialización de dicho mercado.

Cabe destacar que se está desarrollando una Norma sísmica de Intervención Patrimonial, cuya primera parte hace referencia a las edificaciones en tierra cruda y ya se encuentra en etapa de consulta para ser utilizada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ésta, en el corto plazo se transformará en una Norma Chilena[6].

3. **PATRIMONIO MONUMENTAL, PATRIMONIO CIVIL Y FINANCIAMIENTO ESTATAL**

En los últimos 10 años en Chile se han dado procesos facilitadores que convergen en el tema: por un lado equipos profesionales que han experimentado en construcción con sistemas mixtos de tierra, llegando a sistemas tecnológicos modernos y adaptables mayoritariamente en construcción de obra nueva; y por otro una política pública y un interés social en el tema patrimonial que está entregando gran cantidad de recursos (créditos BID) para restaurar Monumentos Históricos a lo largo de todo el país. Aproximadamente un 40% (Karmelic, 2009) de este patrimonio está construido en Tierra y los organismos públicos que administran estos recursos destinados a restaurar las edificaciones se encuentran con el dilema de que no existen profesionales que estén capacitados en restauración de edificios de tierra, tanto para la etapa de diseño como para la de ejecución de obra. Así como tampoco una normativa o marco regulatorio para este tipo de intervenciones[7].

Es importante recalcar que estas iniciativas de inversión han sido desarrolladas para intervenir principalmente en el Patrimonio Monumental protegido por la ley 17.288 (Ley de Monumentos Nacionales). Producto de la reciente incorporación de la noción de patrimonio en el país, se ha intervenido principalmente en Iglesias y museos, inmuebles de carácter cultural que son fácilmente reconocibles por las comunidades tanto por su valor histórico como por su representatividad comunitaria.

De esta manera el estado está interviniendo objetos puntuales (Iglesias) dentro de poblados que tienen tanto o más valor patrimonial e histórico que el Monumento en cuestión, sin generar una revalorización de dichos poblados, sino más bien dando una señal contraria a la hora de entregar recursos para la reconstrucción de las viviendas. Viviendas que se han construido con materiales estandarizados alejados de las culturas constructivas locales dejando como consecuencia la pérdida de un paisaje cultural y de sus modos de vida, en un importante número de poblados. Esta situación la pudimos observar de cerca en la Región de Tarapacá en el Norte de Chile (figuras 2, 3, y 4), luego de los terremotos del 2005 y 2007 y fue la razón que llevó a poner la mirada y nuestra energía en la salvaguardia y Puesta en Valor de las viviendas de tierra que componen los poblados que tejen los recorridos de la vasta zona terremoteada[8] en el año 2010.

Figura 2 – Imágenes poblado de Mocha, programas de vivienda estatales para enfrentar la reconstrucción luego del terremoto de junio de 2005, Tarapacá. (Créditos: Lía Karmelic, 2009)

Figura3 – Imagen poblado de Usmagama antes del terremoto de junio de 2005, Tarapacá. (Créditos: Ministerio de Obras Públicas)

Figura 4 – Imagen poblado de Usmagama, programas de vivienda estatales para enfrentar la reconstrucción luego del terremoto de junio de 2005, Tarapacá. (Créditos: Patricio Arias, 2009)

El terremoto de febrero de 2010 en Chile, dejó al descubierto una realidad velada para el estado, cual es, la gran magnitud del número de viviendas construidas en adobe y otros sistemas de tierra cruda, material que se encuentra fuera de las normas de construcción chilenas. Paradojalmente estas viviendas conforman un símbolo del patrimonio y de la identidad nacional del país. La mayoría de los poblados ubicados en la zona afectada (la más poblada de Chile), están formados por viviendas construidas en adobe adosadas en fachada continua. Conformando una unidad arquitectónica y estructural que define un sistema urbano y por ende un modo de habitar rural asociado a la agricultura.

La primera reacción de las autoridades locales, intentado dar soluciones rápidas a la población que vio sus casas con algún tipo de daños, fue destruir las construcciones dañadas, arrasando con una pala mecánica poblados enteros o parte de ellos, dejando en condición vulnerable las viviendas que quedaron en pie. Este fenómeno ha sido conocido como el "segundo terremoto" que fue quizás más dañino que el terremoto grado 8.1 escala de Righter que azotó el país. Esta situación ha sido probablemente provocada por la especulación inmobiliaria en los centros históricos de los pueblos y ciudades afectadas además de la intención de demostrar una reacción rápida de las autoridades ante la catástrofe.

Gracias a la gran cantidad de edificaciones que resistió el sismo y ante la contundencia del valor patrimonial, constructivo, tecnológico, histórico e identitario que poseen, se generó una revalorización por parte de las comunidades locales respecto de la calidad de vida que obtienen en sus casas de adobe, y en sus barrios. Comunidades que se han organizado generando un movimiento[9] que vislumbra el patrimonio como un vehículo de desarrollo.

El movimiento ciudadano y de grupos profesionales (de los cuales formamos parte) permitió sensibilizar a los actores políticos relevantes (senadores, diputados alcaldes, etc.) exigiendo al estado tomar cartas en el asunto, con el fin de posibilitar la reconstrucción y restauración de viviendas con estos materiales tradicionales. Producto de ello se logró incorporar dentro de las opciones de subsidios estatales para la edificación de viviendas (Fondo Solidario de Vivienda, modalidad Construcción nueva en Sitio Residente[10]), una alternativa que bajo una figura de construcción nueva permite restaurar inmuebles dañados en adobe. Lo que trae consigo en una serie de inconsecuencias derivando en una figura legal que tiene importantes falencias técnicas legislativas y económicas, las que se siguen discutiendo y modificando.

El año 2011 con el fin de acelerar la puesta en marcha de las obras de reconstrucción y de entregar una mayor cantidad de subsidios en un plazo más corto, el MINVU acomodó otro subsidio de vivienda, llamado DS 40[11] a diferencia del anterior, apura la entrega del beneficio (no del dinero), evitando una buena parte de las tramitación previa, pero deja al contratista a cargo del financiamiento total de la obra. Es decir es un subsidio que abulta el número de subsidios en cantidad lo que no necesariamente implica un apuro en la ejecución real de las obras.

Este es el marco legal que configura el campo de acción (muy restringido) en el cual se comienzan a desenvolver las posibilidades concretas para rescatar una parte del patrimonio en tierra. Campo restringido principalmente porque se introduce dentro de un subsidio de vivienda social (nueva) la solución a un problema de características patrimoniales, lo que resulta ser como meter un elefante en la cabeza de una aguja.

En este marco, este artículo presenta el resultado de un largo camino recorrido para finalmente generar el proyecto de restauración y reconstrucción de 15 viviendas con subsidio "Fondo Solidario de Vivienda" en el poblado de Guacarhue en la comuna de Quinta de Tilcoco, en la Región de O'Higgins (VI región), y 28 viviendas con subsidio DS40 en el poblado de Malloa. El trabajo, fruto de 2 años y medio de participación con la comunidad y los estamentos gubernamentales encargados del plan de reconstrucción, refleja el avance del proceso para modificar el actual marco legal que permita incorporar el material tierra dentro del formato oficial de las políticas públicas de vivienda.

4. APLICACIÓN DE SUBSISDIOS

La relación con el poblado de Guacarhue y sus habitantes, comenzó a través del trabajo en el proyecto de restauración del Monumento Histórico Iglesia Nuestra Señora del Rosario de Guacarhue en el marco del Programa de Puesta en Valor del MOP. Conocimos a sus habitantes en el proceso de levantamiento y recopilación de memoria histórica, dos meses antes del terremoto. El levantamiento crítico, primera etapa de la consultoría se entregó el 4 de febrero de 2010, días antes del terremoto, que destruyó la nave principal de la iglesia. De un modo muy similar comenzó nuestro trabajo en Malloa, donde posterior al terremoto de 2010, nos acercamos al alcalde del Municipio para ofrecer nuestra colaboración técnica para evitar la demolición de la Iglesia Santuario San Judas Tadeo de Malloa. El templo había quedado con daños graves pero en pié, el que por no estar protegido como Monumento Histórico fue susceptible a que, por decisión de algunos cercanos a la iglesia, este fuera demolido. Luego de lograr evitar su demolición se nos encargó el proyecto de Restauración y participamos en la gestión para conseguir los recursos para ejecutar las obras (objetivo logrado recientemente).

A partir de esta relación se ha generado un esfuerzo mancomunado entre ambos Municipios, el equipo de Arquitectos (nosotros), las autoridades de vivienda (Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo) y los habitantes del pueblo. Comenzando con un trabajo de puesta en valor y toma de conciencia sobre los valores particulares que el pueblo tiene, valores que para sus habitantes son sólo parte de su vida cotidiana. La segunda fase fue la de encontrar una fuente de recursos para reparar las viviendas idealmente como un conjunto. Fue en esta etapa que se comenzó a gestar la posibilidad de adaptar un subsidio económico para la vivienda básica a la restauración de estas viviendas.

Se abordó la restauración y reconstrucción de las viviendas antiguas de adobe, con este subsidio para vivienda nueva que entrega 380 UF (Unidades de Fomento)[12], el que se incrementó en 200 UF más por concepto de localización. Este concepto existía pero para su aplicación en estos casos de viviendas patrimoniales, la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda de la Región de O'Higgins (VI región), creó unas zonas llamadas "Polígonos de Interés Patrimonial", que enmarcan las viviendas de 54 poblados de la región que son susceptibles de recibir dicho aporte adicional, dentro de los cuales .

Luego de muchas negociaciones, reuniones y revisiones del marco legal y técnico en que se insertan las políticas de vivienda, se acordó que con las 580 UF de aporte estatal se logra restaurar aproximadamente 50 m^2, que corresponde a la superficie de las viviendas básicas en serie que financia el estado. Lo paradójico es que las casas sobre las que se está interviniendo tienen superficies sobre los 250 m^2. Es decir se alcanza a crear una especie de zona segura de no más de 2 habitaciones dentro de una gran construcción de adobe casi siempre con planta en forma de "L". Esto ha generado la dificultad de lograr una solución técnica eficiente dentro de lo adverso que resulta estructuralmente intervenir solo un trozo de una gran edificación que casi siempre cuenta con una estructura de cubierta continua.

Para integrar la idea de que el contexto general se vea beneficiado con esta bonificación económica que se entrega a cada propietario en forma individual, se ha intentado trabajar en el volumen de las viviendas que da hacia la calle conformando en este caso, la vereda cubierta por corredores característicos del pueblo (Figuras 1, 5 y 6).

La solución técnica con que enfrentamos el encargo es la misma que utilizamos para la restauración de la Iglesia, consolidando estructuralmente los muros con mallas de acero electro soldadas, cubriéndolos por ambas caras en forma de piel continua. Los dos lados van amarrados con pasadores de fierro a distancia igual que el ancho del muro. Estas van cazadas en la parte superior del muro con ángulos de fierro coronando la estructura superior a modo de viga collar. En la parte inferior se amarran a las fundaciones con una pequeña viga de hormigón. Paralelamente se cambian las piezas de madera del techo que se encuentren dañadas.

Figura 5. Imágenes del proceso de restauración de la vivienda piloto en Guacarhue

Con esta propuesta ya hemos terminado los proyectos de 10 de las 15 casas que conforman el polígono de interés patrimonial. Una de ellas se comenzó a construir el día lunes 8 de agosto de 2011 (figuras 5 y figuras 7), proyecto que se constituye en el piloto modelo a seguir con las otras viviendas. Paralelamente ese desarrolló un modelo de vivienda nueva que se inserte en los espacios que dejaron las casas que se cayeron. Este modelo de reconstrucción será una amalgama que unificará el sistema. Estas serán de tierra aligerada con estructura de malla de acero electro soldada plegada, apoyando estructuralmente a las edificaciones que quedaron en pie. Este sistema se basa en el que utilizamos en las obras contemporáneas que desarrollamos como oficina de arquitectura y construcción con tierra, pero ha sido mejorado aligerando los paneles de tierra y la estructura, el sistema está siendo patentado como Terra-Panel. El piloto de la unidad de Restitución Patrimonial, se comenzó a construir en marzo de 2013, encontrándose en ejecución a la fecha del desarrollo de este artículo.

Estos pueblos resume la problemática general de los poblados afectados los que se traducen en un número aproximado de 50.000 viviendas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2010) y de la mayoría de los inmuebles patrimoniales de tierra de propiedad privada (estén o no protegidos por la Ley de Monumentos Nacionales ley N°17.288). En cuanto a la solución técnica, este es uno de los proyectos que lleva la delantera y se ha transformado en referencia para la región en materia de reconstrucción. Aún estamos a la expectativa de ver el resultado integral del proyecto con todas las limitaciones y restricciones a las que está sometido.

Fig.6 – Planta general de levantamiento, se observa la continuidad de los volúmenes que dan hacia la calle conformando el corredor. Las plantas de las casas en su mayoría tienen forma de L. (Créditos: equipo Arias Arquitectos)

Figura 7. Imágenes antes y después de restauración una vivienda en Malloa (Créditos: equipo Arias Arquitectos)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hays, A.; Matuk, S. (2000). Mundos geo-arquitectónicos. Estudio y conservación. *8th international conference on the study and conservation of earthen architecture*. Preprints. Torquay, United Kingdom, 11-13 May 2000. pp. 394-401.

Karmelic, L. (2009). *Estudio descriptivo de los inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda que forman parte del Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile.* Santiago: Tesis DEA, Universidad de Sevilla.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2010). *Instructivo de recuperación zonas históricas y patrimoniales.* Santiago.

Notas

[1] Existen importantes ejemplos prehispánicos de relevancia internacional como es el caso de la Aldea de Tulor en San Pedro de Atacama (desde 800 años AC).

[2] En Chile se ha desarrollado arquitectura en tierra de los más diversos estilos.

[3] Sistema más conocido en Chile y utilizado en la fundación de Santiago y de otras ciudades del país.

[4] Terremoto ocurrido el 24 de enero de 1939 a las 23:32 hrs., grado 7,8º escala de Mercalli y 11 en escala de Richter Fuente: Medios digitales COPESA, consultado el 18 de noviembre de 2008 (www.icarito.cl/medio/articulo).

[5] Fuente: Dirección de Bibliotecas archivos y museos, DIBAM (www.memoriachilena.cl/temas/dest.esp?id=terremotoschillan)

[6] Norma desarrollada por la Comisión de Intervención Patrimonial que trabaja desde 2009 para generar un marco normativo de intervención patrimonial. Dicha comisión está conformada por actores de distintas instituciones privadas y públicas.

[7] Recién en Junio de 2011 se publicó la Norma anteriormente mencionada para consulta pública.

[8] Sólo en la VI región después del terremoto el estado ha definido 54 localidades de interés patrimonial construidas en tierra

[9] Asociación Chilena de Barrios y pueblos Patrimoniales impulsada por "Vecinos en defensa del Barrio Yungay" quienes han generado una serie de iniciativas civiles para salvaguardar las construcciones en las que habitan.

[10] Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, subsidios habitacionales http://www.minvu.cl/opensite_20061113124710.aspx

[11] Ministerio de Vivienda y Urbanismo, ¿Cómo postular a un subsidio de reconstrucción? http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20100902143628&hdd_nom_archivo=Como%20postular%20a%20un%20subsidio%20de%20reconstrucci%C3%B3n.pdf

[12] Unidad referencial utilizada para la edificación en Chile. 1 UF equivale aproximadamente a 45 USD.

Curriculos

Patricio Arias Cortés, Arquitecto Universidad de Chile. Socio principal del estudio de arquitectura Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura. Experto en construcción de obras nuevas y recuperación de estructuras patrimoniales de tierra.

Lía Karmelic Visinteiner, Arquitecta Universidad de Chile, Candidata a Doctora en Arquitectura y Patrimonio Cultural ambienta Universidad Central de Chile-Universidad de Sevilla. Socia del estudio de arquitectura Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura.

Pablo Alvear Pacheco, Arquitecto Universidad de Chile, año 2006. Socio del estudio de arquitectura Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura.

REUTILIZACIÓN DE ESCOMBROS PARA LA RECONSTRUCCIÓN PATRIMONIAL EN EL CASO DE CHANCO, CHILE

Renato D'Alençon Castrillón[1], Miguel Delso Páez[2], Macarena Guajardo Mavroski[3]

[1] Technische Universität - Berlin, Alemania. dalenconcastrillon@tu-berlin.de
[2,3] P. Universidad Católica de Chile C. Santiago, Chile y TU-Berlin, Alemania.
[2]miguel.delso.paez@gmail.com, [3]guajardomavroski@gmail.com

Palabras claves: Reutilización, Reconstrucción, Patrimonio Cultural, Construcción en Adobe, Escenarios de Catástrofe.

Resumen

Producto del sismo de 2010, la magnitud de la destrucción del patrimonio arquitectónico de Chanco, reconocido como Zona Típica, ha transformado a los escasos testimonios restantes de esta arquitectura en valiosos testimonios para el patrimonio del pueblo, que necesitan ser conservados como parte del acervo cultural de la comunidad y puestos en valor como referencia para la reconstrucción del pueblo. Los efectos del terremoto en la ciudad significan no sólo una pérdida para inmuebles particulares o intereses privados, sino también para la comunidad y para su identidad cultural y los valores reflejados en la configuración urbana y la arquitectura.

Frente a la destrucción del terremoto y a la necesidad de reconstruir, surge la pregunta de la recuperación de los bienes dañados o perdidos en los edificios y las casas que se derrumbaron. En colaboración con la Ilustre Municipalidad de Chanco, se llevó a cabo la construcción de un prototipo que estudia la problemática de la reconstrucción patrimonial en la ciudad de Chanco. Más que sólo recuperar materiales, patrimonio y patrones de arquitectura tradicional, el trabajo buscaba integrar técnicas de construcción tradicionales con una estructura sismo-resistente, innovando pero al mismo tiempo respetando y aprendiendo del conocimiento local.

En este artículo se discuten, en base a la experiencia del equipo en el caso de Chanco, los potenciales de la reutilización de materiales de construcción recuperados de la demolición a través del desmantelamiento cuidadoso de materiales o componentes arquitectónicos, re-utilizándolos dentro de una nueva construcción. La reutilización de materiales se propone como una manera de preservar el patrimonio físico para futuras generaciones, manteniendo la historia y las prácticas de construcción que están asociadas con esos objetos. Los resultados del trabajo de construcción de un prototipo muestran de qué manera la recuperación del adobe es posible, para crear una estructura estable, sismo-resistente y capaz de integrar soluciones innovadoras junto con técnicas tradicionales.

1. INTRODUCCIÓN

El 27 de Febrero del 2010, gran parte del área poblada del centro-sur de Chile se vio afectada por un terremoto 7.5° Richter. Dentro de unas pocas semanas o meses, se construyeron viviendas de emergencia que si bien ofrecen una solución a los damnificados, no contemplan aspectos de coherencia urbana o de carácter urbano - arquitectónico y tienden a consolidarse como soluciones definitivas. En el caso de las zonas de valor patrimonial, se suma a esta problemática general la de los valores patrimoniales perdidos con el terremoto.

El pueblo de Chanco, ubicado en la séptima región del Maule, fue declarado Zona Típica (ZT) el año 2000, considerando la coherencia y el interés arquitectónico de sus viviendas. En la declaratoria (MINEDUC, 2000) se tomó en cuenta su trama de calles en damero tradicional, su arquitectura de casas de un piso con fachadas continuas y corredores, los cuales conformaban una sólida imagen y continuidad urbana, así como su materialidad en adobe con cal, madera y tejas de arcilla. Lamentablemente, el reconocimiento de Zona Típica afectó las condiciones para su reconstrucción, y la reconstrucción definitiva no ha logrado retenerlos debido al limitado alcance de la cuestión patrimonial del sistema de subsidios, principal herramiento que el Estado ha movilizado la reconstrucción de viviendas

post-terremoto. Si bien en las Zonas Típicas se aplican normativas estrictas de conservación, ellas no están respaldadas por un financiamiento específico que corresponda a sus requerimientos, lo que dificulta considerablemente la reconstrucción en estas áreas.

A pesar de las mejoras introducidas en el sistema de subsidios para recoger elementos patrimoniales, el marco legal existente en su conjunto no ofrece mecanismos eficaces para una conservación efectiva. Los instrumentos de regulación, los mecanismos de financiamiento e incentivos y la definición o supervisión técnica en esta área son claramente insuficientes, y requieren del desarrollo de herramientas nuevas que promuevan una acción efectiva para la conservación del patrimonio construido en chileno.

Además, en el caso específico de Chanco, en el período inmediatamente posterior al sismo la Municipalidad autorizó la demolición de inmuebles dentro de la zona patrimonial en base a una primera evaluación de la emergencia realizada principalmente por el Cuerpo de Bomberos y a la solicitud de los vecinos que se veían presionados a tomar una decisión sobre la conservación de sus viviendas por la disponibilidad de maquinaria en un corto plazo (El Mercurio, 2010).

2. REUTILIZACIÓN DE MATERIALES

Una de las pocas aproximaciones sistemáticas disponibles al tema de la reutilización de materiales en la construcción es la de Bill Addis (Addis, 2006) cuya discusión se centra en el flujo de materiales, la vida útil y los ciclos de un edificio, proponiendo mejoras en prácticas relativas a las etapas de diseño, construcción y demolición. Sin embargo, Addis limita la cuestión al proceso del edificio en sí, sus valores intrínsecos y no considera la reutilización de interés patrimonial ni sus potenciales como estrategia para promover su uso a nivel cultural-social. La reutilización queda así limitada a ser una modificación al patrón de aspectos técnicos y la relevancia de la intervención recae en la economía de recursos, reducción del impacto ambiental, optimización de tiempo, etc.

Otra línea de trabajo en este ámbito se concentra en el diseño de nuevos edificios, el llamado “diseño para la deconstrucción” (Chini; Schulttmann, 2002), facilitando la deconstrucción para la reutilización, creando un ciclo que no necesita el consumo de otros recursos. Esta visión ve la optimización de la recuperación material, primero el re-uso y finalmente el reciclaje.

El uso de materiales reutilizados en la construcción suele abordarse, si tomamos como referencia a Addis (2006) y otros autores (Chini; Schulttmann, 2002) desde dos puntos de vista:

1. Como una aproximación tradicional basada en uso y reciclaje de piezas con un valor intrínseco, consideradas antigüedades; mueblería antigua, objetos de hierro forjado, decoraciones, etc.

2. Como una práctica sustentable o ecológica aplicada al diseño de manera crítica y racional para suplir una necesidad más allá del sentido de la tradición, considerando piezas y elementos con otro tipo de propiedades, como por ejemplo: materiales de desecho, residuos industriales, envases plásticos, botellas usadas o neumáticos, etc.

La valorización del concepto de reutilización puede ser desarrollada como una alternativa intermedia en relación a las anteriores, contando con el apoyo de una comunidad y extendiendo la labor a una tarea interdisciplinaria, mediante una aproximación simultáneamente social, cultural y técnica que promueva el uso de tecnologías menos convencionales, de mayor valor cultural, y que si no son incorporadas en la construcción, podrían desaparecer.

En este proyecto - si bien se consideran dichos aspectos dentro de la eficiencia en el diseño- el trabajo se orienta hacia un aspecto de dimensiones culturales que pueda prevalecer como una opción entre los usuarios o aquellos que participan en la toma de

decisiones. Se propone la reutilización de materiales patrimoniales como una alternativa a las prácticas de vivienda social en el contexto post-catástrofe debido al potencial que tiene de mantener tradiciones arquitectónicas y culturales siendo económicamente viable.

3. ADOBE REFORZADO CON MADERA EN EL TERREMOTO DE TARAPACÁ, 2005.

En una experiencia anterior emprendida por un grupo de estudiantes de arquitectura de la Universidad Católica en la región de Tarapacá entre 2005 y 2009, afectada por un terremoto en 2005 (7,6° Richter), un equipo de voluntarios desarrolló una iniciativa para la reconstrucción del patrimonio arquitectónico del pueblo de San Lorenzo de Tarapacá (D'Alençon et al, 2006; Prado; Illanes, 2008), en condiciones similares a las de Chanco.

El objetivo del proyecto era desarrollar y aplicar tecnologías apropiadas para reconstruir el patrimonio perdido y mejorar las condiciones de habitabilidad en base a soluciones tradicionales, considerando las condiciones específicas del área, a través del diseño y construcción de un prototipo de vivienda. Con este fin, el equipo documentó las condiciones del poblado después del sismo en un catastro de daños y materiales y se estudiaron algunos casos de viviendas que soportaron mejor el embate de sismo.

En el poblado de Tarapacá pueden diferenciarse básicamente dos tipos estructurales: el primero que corresponde las edificaciones construidas completamente en bloques de adobe, y el segundo a técnicas mixtas de construcción de madera y adobe. En el caso del adobe, la estructura está basada en muros de ladrillo de barro seco con algunos refuerzos puntuales en esquinas y dinteles. En el caso de las técnicas mixtas es posible diferenciar a su vez dos tipos de estructuras: una correspondiente a la construcción de paneles en madera rellena de adobe; y la "quincha", técnica constructiva de larga tradición local aún vigente, que se compone de un entramado de cañas verticales estucadas con mezcla de adobe.

Las estructuras puramente de adobe sufrieron serios daños estructurales, especialmente en la intersección de los muros donde los esfuerzos se concentran, que en su gran mayoría las llevaron al colapso. En cambio, las estructuras mixtas respondieron eficientemente, y presentan tan solo agrietamiento y desprendimiento de barro. Entre los casos observados se encuentran La Casona y el antiguo Convento, además de una vivienda unifamiliar ubicada en Huara, localidad cercana a Tarapacá.

3.1. Estructuras mixtas en la Casona de Tarapacá

La Casona (figura 1) es una construcción en adobe con una habitación en un sistema mixto compuesto de una doble hilera de pies derechos con paneles de quincha y un interior de adobe. Lo interesante es que este edificio presenta una alternativa estructuralmente viable, térmica y espacialmente similar al adobe. Por medio de este sistema combinado se logra resistencia sísmica gracias a la flexibilidad que ofrece la estructura principal de madera. El muro ofrece una alta inercia térmica, ya que los muros de 60 cm de espesor están conformados por adobe confinado entre las 2 hileras de pies derechos de 10 cm x 10 cm.

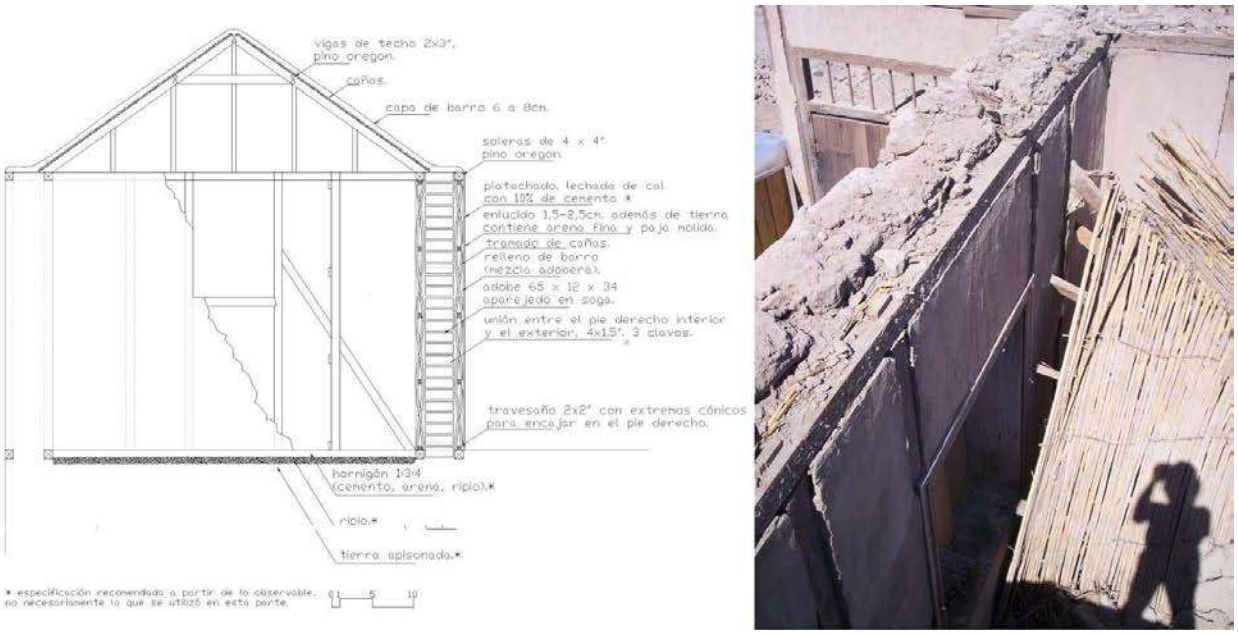


Figura 1. La Casona. Planta y corte mostrando los elementos estructurales del muro

La experiencia en terreno muestra que en Tarapacá, construido casi completamente en tierra cruda, existen ejemplos de tecnologías mixtas de tierra cruda y entramados de madera, síntesis de las cualidades de ambas, construidos con mano de obra de la zona, e integrándose adecuadamente al contexto cultural y a las demás edificaciones del lugar. Más aún, estos casos resistieron razonablemente bien el sismo, a diferencia del adobe, sin llegar a colapsar.

Las alternativas de reconstrucción que el mismo lugar propone, sin extremos de radicalidad técnica o de preservación cultural ciega, quedan a la espera de un modesto apoyo profesional que permita reconstituir el vínculo natural entre la cultura local, la práctica constructiva y las posibilidades tecnológicas y superar las polarizaciones disciplinares integrándolas al sistema de provisión de viviendas con sensibilidad frente a los valores patrimoniales.

4. EL CASO DE ESTUDIO: CHANCO, VII REGIÓN DEL MAULE, CHILE.

Chanco es una localidad ubicada en la región del Maule fundada en 1849, centro-sur de Chile, con una superficie de 529,51 kilómetros cuadrados y una población de 9.457 habitantes, correspondientes al 9,46% de la región (Censo 2002), de la cual 57,58% de la población vive en áreas rurales. A comienzos del siglo XX y debido al avance de las dunas que amenazaban el pueblo y sus cultivos, se diseñó y plantó lo que es hoy la reserva natural Federico Albers, concebida como una manera de detener el paso de las dunas al interior, re-edificando Chanco al este de la reserva, una barrera natural entre el pueblo y el mar.

4.1 Situación antes del terremoto

De acuerdo a los documentos que declaran a Chanco una Zona Típica (MINEDUC, 2000), la estructura urbana de Chanco corresponde a la de un damero tradicional, a pesar de haber sido reubicada la ciudad con posterioridad. La ciudad de damero tradicional es un elemento constante en todo Sudamérica, al punto en que conforma gran parte de una identidad en particular, una prueba de esto es que ciudades que fueron fundadas mucho después de tiempos coloniales fueron diseñadas para asemejarse a la planificación colonial; Chanco pertenece a dicho espectro de casos.

4.2 Arquitectura en Chanco y la tipología tradicional

La edificación de una ciudad está generalmente vinculada a una tipología arquitectónica. En el caso de Chanco, se comparten muchos aspectos de la arquitectura tradicional latinoamericana (Trebbi del T, 1980), a saber:

1. Fachada continua, que define una transición entre lo privado y lo público mediante los corredores, que son el resultante de una extensión hacia la calle del techo por motivos climáticos de protección en caso de lluvia para proteger los muros de adobe.

2. Patios interiores de gran cualidad arquitectónica, que representan la parte abierta-privada de la vivienda, con corredores que los rodean y con dormitorios y otros recintos que se organizan alrededor del patio central creando una ventilación continua e iluminación indirecta a todos los cuartos, así como una conectividad visual.

3. Técnicas de construcción tradicionales, adobe, carpintería y teja, están basadas en la aplicación de conocimiento tradicional disponible localmente.

Las casas están construidas con ladrillos de adobe, el cual está fabricado a partir de una mezcla de arcilla y paja y funcionan como un muro masivo que recibe cargas verticales. Los muros cuentan con un grosor de aproximadamente 70 cm en promedio, debido a la precariedad de la construcción y de los materiales, aportando una gran inercia térmica que facilita mantener los espacios interiores a una temperatura estable, a pesar de la elevada altura de las construcciones.

El techo colabora al mismo tiempo con la estructura de muros, donde el peso de las tejas sobre el envigado de madera mantiene los muros unidos y comprimidos evitando que trabajen en otros sentidos o pierdan su eje. La pendiente de los techos se origina por el ángulo de inclinación de la viga versus el deslizamiento de las tejas y el escurrimiento de las aguas lluvias. Finalmente se entiende la estructura de la casa como un esfuerzo colaborativo en el que se prima el trabajo a compresión de los muros de adobe, materia prima en la arquitectura colonial de la zona gracias a la facilidad de encontrar la arcilla correcta para la construcción en dicha parte de Chile.

4.3 Chanco después del terremoto

De un total de 407 casas que componían el casco histórico, 204 fueron dañadas y 119 de éstas fueron destruidas. Chanco perdió un tercio de sus viviendas y con ello la estructura de su tejido urbano (Figura 2).

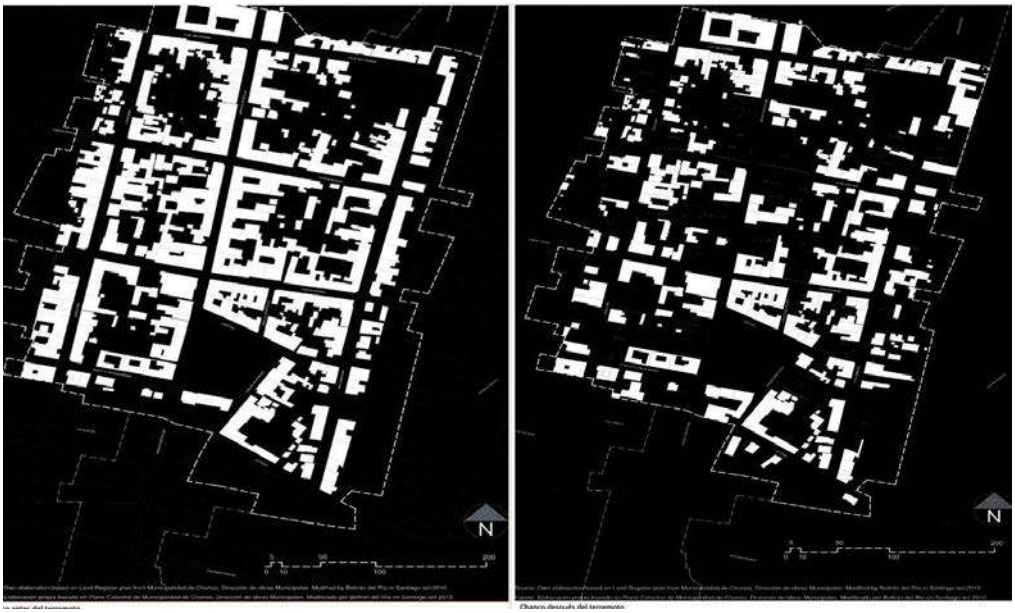


Figura 2. Casco histórico de Chanco antes y después del terremoto de 2010

Como consecuencia de las demoliciones y en consecuencia el alto porcentaje de lotes vacíos, se hace difícil reconocer la continuidad urbana previa al terremoto y se ha perdido en buena medida la percepción de Chanco como una unidad.

5. SISTEMATIZACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE MATERIALES EN LA RECONSTRUCCIÓN PATRIMONIAL

El proyecto explora la reutilización de materiales como un medio alternativo a las prácticas existentes de construcción de viviendas, en un contexto post-desastre debido a su capacidad de retener tradiciones culturales y arquitectónicas junto con un atractivo económico. (Figura 4)

En una primera etapa de reconocimiento del estado de los materiales disponibles en la zona, se identificaron descubrió un cementerio de edificios parcialmente destruidos, pero con un gran potencial, entre los ladrillos de adobe, tejas, vigas y paneles de madera, puertas y ventanas, principalmente. Posteriormente, gracias al apoyo de la Municipalidad de Chanco, se pudo disponer de una casa semi-destruida fuera del perímetro de la Zona Típica, que fue desmantelada por el equipo en lugar de ser demolida. Finalmente, se construyó un prototipo de reutilización, llevado a cabo en primera instancia por un grupo de estudiantes de la Technische Universität - Berlín y la P. Universidad Católica de Chile, y fue terminado en el mes de Julio del año 2012.

5.1. Deconstrucción, proceso y construcción

Trabajando en el área patrimonial de Chanco se desarrolló un diseño flexible, adaptable a los materiales que se pudieron encontrar en terreno. El objetivo del prototipo era el de probar el uso de materiales reutilizados y descubrir de qué manera el proceso y la logística podían ser optimizados para que fueran un modo viable de reconstrucción para la comunidad de Chanco. Esto significa que el proceso de reutilización, incluyendo la deconstrucción y el procesamiento y construcción deben ser realizables por trabajadores locales.

El procedimiento ha sido sistematizado en una estrategia de 3 etapas (figura 3):

1ª. Deconstrucción o recolección (desmantelamiento de una casa patrimonial dañada): Luego del terremoto se realizó una documentación de las casas afectadas dentro del casco Histórico de Chanco, y mediante contactos la I. Municipalidad de Chanco se obtuvo el permiso para de-construir una casa afectada por el terremoto que eventualmente requería de demolición. Muchos de los materiales se encontraban en condiciones de escombros, por lo cual se realizó una selección de materiales en buen estado; éstos varían desde piezas completas a pedazos.

2ª. Clasificación: Los materiales se clasifican según su composición y luego en subconjuntos de acuerdo a estados de daño, los cuales pueden ser eventualmente almacenados, procesados y reutilizados. En una vivienda se encontrarán materiales como:

a) Tejas: las tejas rotas pueden ser utilizadas como pavimento.

b) Adobe: El adobe, que en sus tres estados (ladrillos enteros, terrones de ladrillo o simplemente en calidad de árido) resulta igualmente útil para la construcción.

c) Madera: Las maderas utilizadas como vigas en casas antiguas generalmente presentan un alto nivel de deshidratación, así como plagas de termitas.

3ª. Reutilización de materiales en la reconstrucción: Contando con los materiales a reutilizar se dio inicio a la fase de construcción donde el estudio de técnicas y métodos vernaculares permitieron la interpretación del sistema de Quincha y el uso del adobe como relleno de muro. Se reinterpreta la construcción en quincha: el adobe sigue siendo el relleno del muro pero a éste se le suma un esqueleto de madera que encajona los ladrillos de adobe, que son posteriormente recubiertos con una malla metálica para mejorar la tracción. Los muros de resultantes poseen un grosor de entre 50 cm a 60 cm (con estuco) y pueden

construirse considerando el arriostramiento entre ellos, dando como resultado una estructura en forma de “C” (Figura 4).

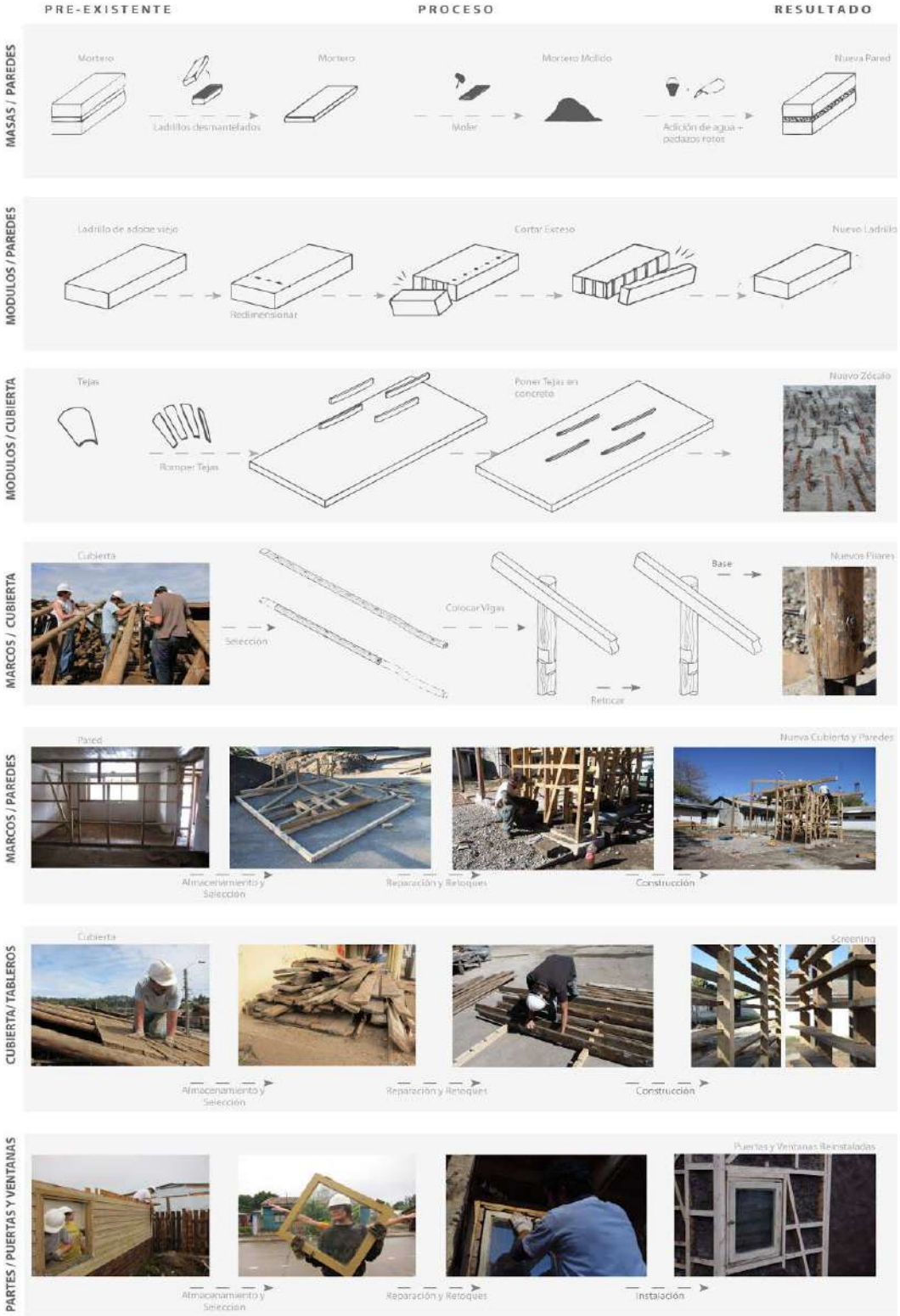


Figura 3. Etapas de reutilización para distintos tipos de materiales recuperados encontrados en Chanco

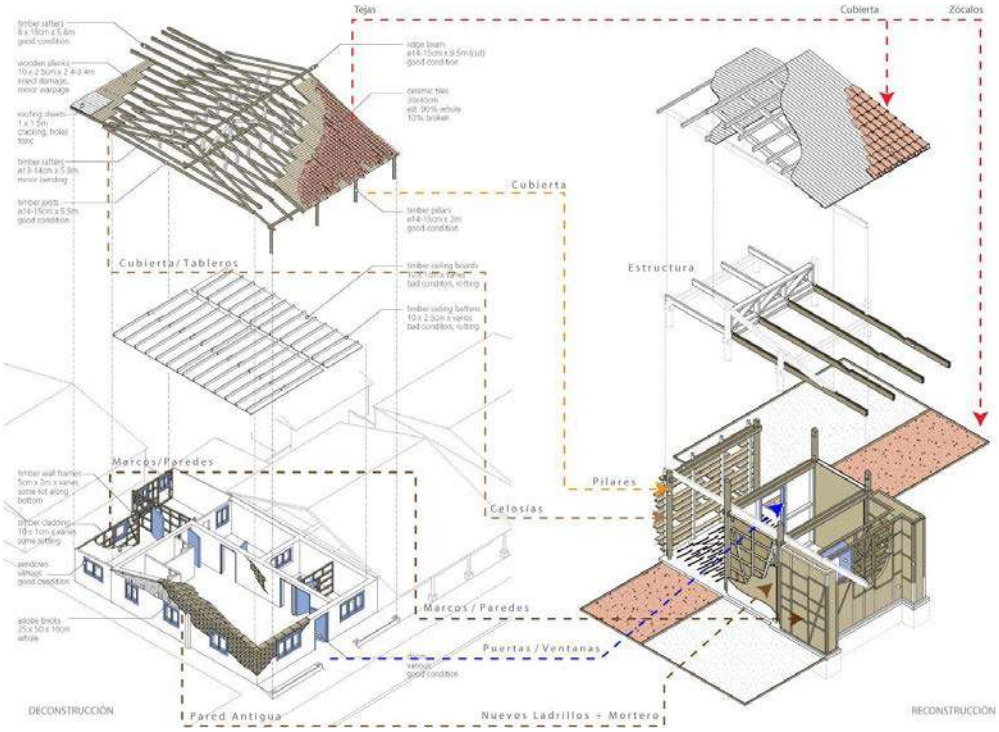


Figura 4. (Izq) Axonométrica de la desmantelación de un edificio patrimonial destacando con colores los elementos recuperados. (Der) Axonométrica del prototipo construido en Chanco, destacando con colores los materiales reutilizados de la casa desmantelada.

6. REUTILIZACIÓN DEL ADOBE: Estructura de adobe reforzado con madera

Debido al temor resultante del terremoto, la comunidad se expresaba en contra del uso de adobe en sus viviendas reconstruidas, pero ante el importante valor patrimonial y la abundancia de este elemento, se decide utilizarlo dentro de un cajón de listones de madera eliminando sus obligaciones estructurales pero manteniendo su valor simbólico y cultural.

6.1 Procedimiento Constructivo

Fue necesario desarrollar una técnica para emplear el adobe para su reutilización. Al momento de recogerlo de las casas afectadas se presentaba en 2 condiciones: el ladrillo como tal, rescatado del muro sin haberse quebrado y el terrón o pedazo de ladrillo quebrado. Estos elementos son llevados al área de trabajo y luego separados y seleccionados de acuerdo a su tamaño para poder aplicarlos como relleno de muro a los esqueletos de madera con malla metálica para componer un muro. Luego de esto, los pedazos de adobe fueron colocados en los muros utilizando tanto los ladrillos como los trozos (Figura 5).

Figura 5. Construcción fotográfica. Proceso de armado de un muro de adobe. Fotos del equipo Reclaiming Heritage. Chanco, Chile. Julio 2012

El movimiento del material generó restos pulverizados de adobe que fueron mezclados con agua y aplicados a modo de mortero de pega entre los adobes. Al terminar este proceso se cubre el muro con malla metálica para luego agregarle una capa de barro y finalmente mortero de cal para las terminaciones.

El resultado final es un muro de adobe similar a los muros de las casonas patrimoniales en volumen y propiedades térmicas, lumínicas y atmosféricas, pero con la salvedad de que estructuralmente la tarea recae en el encofrado de madera, este junto con la malla metálica mejoran la tracción del muro ante movimientos sísmicos mientras que el adobe junto con la estructura de techo aportan la resistencia a la compresión.

Es mediante estas intervenciones que se puede hacer uso del adobe tanto como material como símbolo del patrimonio de Chanco sin forzar un costo extra al diseño, pasando a ser una parte esencial del proyecto y mejorando las técnicas de construcción vernaculares, asegurando su continuidad y aplicando los conceptos propuestos en la hipótesis sobre reutilizar y reciclar en un ciclo integrado.

Para poder re-utilizar el adobe como parte importante de los muros pero mejorando su resistencia sísmica se desarrolló un refuerzo exterior de madera compuesto por listones de 2x3” unidos de manera similar a un tabique sin diagonales y dejando marcos de 60x60x50 cm de profundidad correspondientes al ancho del muro sin estuco, una vez completada la carpintería del muro se procedía a colocar malla metálica tensada y fijada a la cara del muro por grapas, luego de tener una cara del muro con malla se colocan los terrones y ladrillos de adobe junto con barro obtenido de los restos del adobe a modo de mortero, de manera que se rellenen los marcos vacíos a medida que se avanza desde abajo hacia arriba se va colocando malla en la cara “abierta” del muro para dejar fijo el adobe y evitar que se desprenda (Delso, 2012). Al finalizar esto se procede a revestir el muro con pasta de adobe para que al momento de estucar se realice en una superficie uniforme y una vez terminado este proceso se estuca con una mezcla de cal y cemento, en la parte inferior del muro se realiza un zócalo de mortero con restos de tejas molidas a modo de mosaico de aproximadamente 60-70 centímetros que protege y aísla el adobe de la humedad exterior y

posibles aguas que humedezcan el muro y que el alero de techo no proteja finalmente la parte superior del muro estucado se pinta. Refuerzo de madera.

6.2 Aspectos económicos

Finalmente es necesario mencionar la relevancia económica y mostrar las diferencias a comparar. La diferencia entre la implementación de un sistema que incluye la desmantelación en términos de costo, sin considerar el valor económico rescatado de los materiales reutilizados, es de aproximadamente 66%, sin considerar gastos generales, utilidades ni IVA.

Un segundo caso, se podría incluir el costo de material a 50% y con esto el costo de las intervenciones entrarían en campos competitivos de precios, sin IVA. El precio aumenta pero no cambia la razón demolición / reutilización. Básicamente este precio correspondería a un precio de mercado de $1.450.000 + IVA, de acuerdo a referencias consultadas en demoliciones al 2011.

7. RESULTADO Y CONCLUSIONES

La hipótesis de reutilización de materiales para conservación patrimonial en contextos de catástrofe, puede ser en principio abordada de distintas maneras, dependiendo de la escala y el enfoque, se puede decir que existe una aproximación simbólica, manufactura / industria (dependiendo de la escala). Independiente de esto la idea principal se mantiene: la recuperación de un set de valores culturales y sociales previos mediante la reutilización de materiales. En el caso de Chanco el proceso se realizó a una escala de manufactura e intervención.

Esta hipótesis ha sido testeada mediante la construcción de un prototipo de vivienda utilizando materiales reclamados en un contexto post-desastre en el que existe una gran gama de materiales a ser reutilizados.

El mapeo de materiales y el proceso de recuperación fueron hechos con cuidado y paralelos al diseño, significando que los materiales que fueron recuperados fueron evaluados y cuidadosamente adaptados a las necesidades materiales del prototipo. Aunque el proceso probó ser efectivo en términos de costos referidos a ahorro en materiales de construcción, la delicadeza de la manufactura y los reajustes al diseño durante la construcción requieren largo tiempo y termina siendo similar al proceso de restauración. El prototipo se mantiene como pabellón que demuestra procesos constructivos, la mayoría de los materiales re-utilizados fueron empleados de manera funcional en la que la esencia del material no fue modificada y el elemento fue meramente procesado o adaptado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addis, Bill (2006). *Building with reclaimed components and materials: A design handbook for reuse and recycling*. Earthscan Pub. London.

Chini; Schultmann, Eds. (2002). *Design for deconstruction and materials reuse.* Proceedings of the CIB Task Group 39 Meeting. CIB Publications 272. Karlsruhe, Germany, 2002.

D'Alençon et al (2006). *Reconstrucción en Tarapacá: Terremotos, emergencia y patrimonio construido.* Revista de la Construcción Vol. 5, no. 1, p. 90-95.

Delso, Miguel (2012). *Vivienda en escenarios de desastre; reutilización de materiales en la reconstrucción patrimonial del casco histórico de Chanco*. Memoria Proyecto de título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.

El Mercurio S.A.P. (2010). *La difícil reconstrucción de las zonas típicas: el caso de Chanco*. Accesado 29 de Septiembre, 2010. http://diario.elmercurio.cl/detalle/index.asp?id={3343aa62-7d77-4008-9a18-5e2bdb6e2876}.

MINEDUC (2000). *D.E. 155. Zona Típica Pueblo Chanco Zona Típica de Chanco*. Accesado 19 de Octubre, 2010. http://www.monumentos.cl/OpenDocs/asp/pagDefault.asp?boton=Doc53&argInstanciaId=53&argCarpetaId=222&argTreeNodosAbiertos=(0)(66)(222)&argTreeNodoSel=222&argTreeNodoActual=222&argRegistroId=1628.

Prado, Francisco; Illanes, Verónica (2008). *Proyecto Tarapacá.* Revista de la Construcción Vol. 7, no. 1, p. 36-46.

Trebbi del Trevigiano, Romolo (1980). *Desarrollo y tipología de los conjuntos rurales en la zona central de Chile, Siglos XVI - XIX*. Santiago de Chile: Ed. Nueva Univ.

Currículos

Renato D'Alençon Castrillón: Arquitecto PUC y Master en Arquitectura de la Universidad de Cornell, E.E.U.U. Su campo de trabajo académico incluye la recuperación y desarrollo de sistemas constructivos patrimoniales, área en la que ha publicados diversos artículos producto de su colaboración con los proyectos Tarapacá y Reclaiming Heritage; y la habitabilidad en la vivienda social.

Miguel Delso Páez: Arquitecto de doble título de la PUC y la TU Berlin, donde trabajó en proyectos patrimoniales siendo uno de los fundadores del colectivo internacional Reclaiming Heritage, desarrollando su proyecto de título en la zona patrimonial de Chanco basado en la reutilización de escombros para la reconstrucción del casco histórico.

Macarena Guajardo Mavroski: Estudiante tesista de doble título de arquitectura de la PUC y la TU Berlin. Su interés por el patrimonio y la construcción sustentable se hace visible en su trabajo en la organización Reclaiming Heritage. Directora de www.junkitechture.com donde se exponen proyectos de reciclaje y reutilización de materiales en arquitectura.

REHABILITACION CASONA VIÑEDOS TERRA NOBLE, POST SISMO 27F2010, REGION DEL MAULE, CHILE

Hugo Pereira Gigogne[1], Diego Pereira Escobar[2]
[1]Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile. pgigogne@gmail.com
[2]Polivalente, Santiago, Chile. diego@polivalente.cl

Palabras claves: Adobe, Arquitectura vernácula, Patrimonio, Refuerzos constructivo-estructurales, Sismo.

Resumen

Durante la madrugada del 27 de Febrero de 2010, un fuerte sismo 8.8° Richter azotó la zona central de Chile, afectando importante patrimonio en tierra que data con algunas construcciones del siglo XVII. Una inadecuada y escasa mantención junto a alteraciones del sistema estructural, produjeron importantes daños en estas. En la urgencia post-sismo, se derribaron importantes edificaciones patrimoniales por parte de actores incompetentes y sin los adecuados diagnósticos estructurales.

El caso de ésta casona de adobe, de relativo valor patrimonial al no ser un patrimonio registrado, distante tan solo unos 100 km del epicentro del sismo, es un ejemplo de daño moderado. Aun así, los propietarios evaluaron la factibilidad de demoler las instalaciones dañadas en vista del estado deplorable en que quedó el edificio luego del sismo. Este se presentó con desprendimientos de revoques, algunos agrietamientos parciales esquineros de muros sin desaplomes de los mismos y daños de cubierta. Los criterios técnicos de refuerzos constructivo-estructurales, se originan en la transferencia tecnológica a Chile de experiencias de otros ámbitos iberoamericanos como son Perú y Colombia, mediante el empleo de mallas metálicas. Un referente importante fue el “Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada”, de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica junto al Presidencia de la República de ese país. Se tomó especial cuidado en la aplicación de mallas plásticas finas con empastados adecuados, con el propósito de prevenir micro-fisuraciones posteriores de los muros de adobe.

Funcionando como instalaciones administrativas de manera inadecuada, se aprovechó de re-funcionalizar estas dependencias. Se realizó una labor de eliminación de recintos ampliados en forma inorgánica tales como servicios higiénicos, bodegas y pequeñas oficinas, especialmente en el patio interior con el propósito de mejorar los niveles de iluminación y ventilación natural y aportes calóricos con criterios de diseño sustentable. Se generaron dos patios interiores con destinos diferentes, potenciando un recinto clave, como es, la sala de cata de vinos.

Al mismo tiempo, se aplicaron criterios de diseño estructural para adobe en la reconstitución parcial de muros, cierro y aberturas de vanos.

Este es el típico caso de una estructura de adobe rescatada de la destrucción innecesaria y que se ha comportado positivamente durante eventos de réplicas sísmicas posteriores al mega sismo del 27 F de 2010, algunas de ellas alcanzando los 6°y 7° Richter.

Ubicación viñedos Terra Noble: Geo referencia: Lat -35,53 Long -71,48.

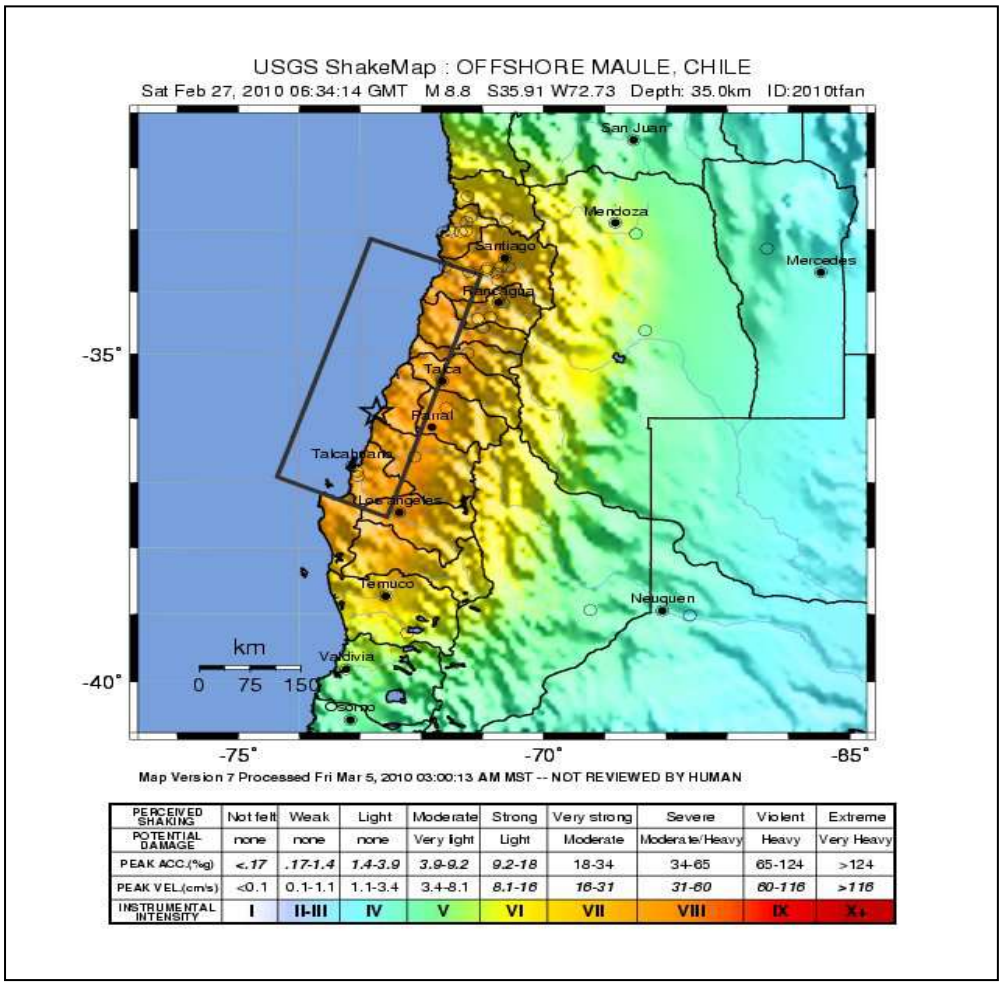
1. El GRAN TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010

La madrugada del Sábado 27 de Febrero de 2010, a las 3:34 am, se presentó uno de los mayores sismos, registrados en Chile. El hipocentro se ubicó 35° 91’ de latitud sur y 72° 73’ de longitud oeste a 30,1 km de profundidad bajo el océano (Servicio sismológico de Chile) Alcanzó una magnitud de 8.8 Mw (Magnitud de momento) desencadenando un tsunami de desastrosas consecuencias en las zonas costeras (Figura 1).

El Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico generó pocos minutos después del terremoto una alerta de tsunami para el océano Pacífico, que se extendió posteriormente a 53 países ubicados a lo largo de gran parte de su cuenca, llegando a Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, la Antártida, Nueva Zelanda, la Polinesia Francesa y las

costas de Hawái. Tuvo una duración entre 3,25 minutos y 6 minutos. Fue percibido en ciudades como Buenos Aires y Sao Paulo.

Se trata del segundo sismo más devastador luego del sismo de Valdivia de 1960. Este último es el primero en intensidad registrado mediante sismógrafos. Está entre los seis mayores sismos registraos por la humanidad. La energía liberada durante este, equivale a cien mil bombas atómicas similares a la de Hiroshima. Produjo alteraciones geográficas y del eje de rotación terrestre. Afectó parte importante del área central de Chile. Se trata del área más densa y antiguamente poblada y con la mayor proporción de patrimonio de edificios de tierra. Aparte de las pérdidas de vidas humanas que alcanzó a más de quinientas, se estima que medio millón de viviendas quedaron severamente dañadas. Incontable patrimonio de tierra presentó colapso total, parcial o daños severos.



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Figura 1. Imagen cartográfica de la zona afectada por el sismo con identificación de intensidad. Rectángulo diagonal identifica zona de ruptura. Fuente USGS. Estados Unidos de Norteamérica.

2.- ESTADO DE LA EDIFICACION

En este caso se trata de una vivienda de albañilería de adobe de una antigüedad estimada entre 60 a 70 años y de una superficie edificada de 1.170 m2. Esta había tenido una escasa mantención. Mala mantención de cubierta, con infiltración de aguas lluvias y diversos agrietamientos. Algunos de estos, con desprendimientos parciales de revoques originados por el sismo del 27 de Febrero de 2010.

Esta vivienda había sido alterada estructuralmente con pequeñas alteraciones, especialmente originadas por la introducción de sistemas de red eléctrica, corrientes débiles

entre otras. Si bien estos socavamientos parciales no constituían un peligro en sí mismos, sí lo eran vistos desde un punto de vista general.

3.- DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL

Un Ingeniero local realizó luego del sismo un diagnóstico estructural, recomendando recuperar la estructura de madera de cubierta y reforzar esquinas basándose en los criterios establecidos en el *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada* de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Las conclusiones apuntaban a lo siguiente:

Reparación de cubierta y envigados de madera en estado de pudrición.

Reparación de grietas generadas a partir del sismo.

Reforzamiento de algunas esquinas que presentaron rotura de la trabazón de las albañilerías de adobe. Para reforzar estos puntos, que en todo caso no presentaban una situación de colapso o desvinculación importantes, recomendó aplicar solución del citado manual (Cap. 5, p. 7-12). Esta consistía en el reforzamiento mediante mallas metálicas “con vena” amarradas con alambrón de Fi de 8 mm aplicadas en encuentros dañados.

4.- PROYECTO DE REFUNCIONALIZACION

La edificación había sufrido durante el transcurso del tiempo, un crecimiento inorgánico producto de la necesidad de adaptar la función de oficinas administrativas al diseño original de vivienda. Es así como oficinas funcionaban en recintos originalmente concebidos como dormitorios, bodegas en recintos destinados a baños entre otras disconformidades.

La administración de estos viñedos requirió de una estimación económica del costo de restauración, con el propósito de tomar la decisión de demoler y construir una nueva edificación o restaurar la existente. Una vez elaborado el presupuesto de reparaciones la gerencia optó por reparar versus edificar una nueva infraestructura, fundamentalmente por razones de costos.

Un factor que se consideró es que se requería re-funcionalizar esta área administrativa de la viña de forma de mejorar las relaciones entre áreas y recintos. También influyó positivamente en la decisión de mantener la casona el recoger la imagen la edificación de adobe, debido a su reconocido arraigo en el contexto rural como un factor de identidad (Figura 2)

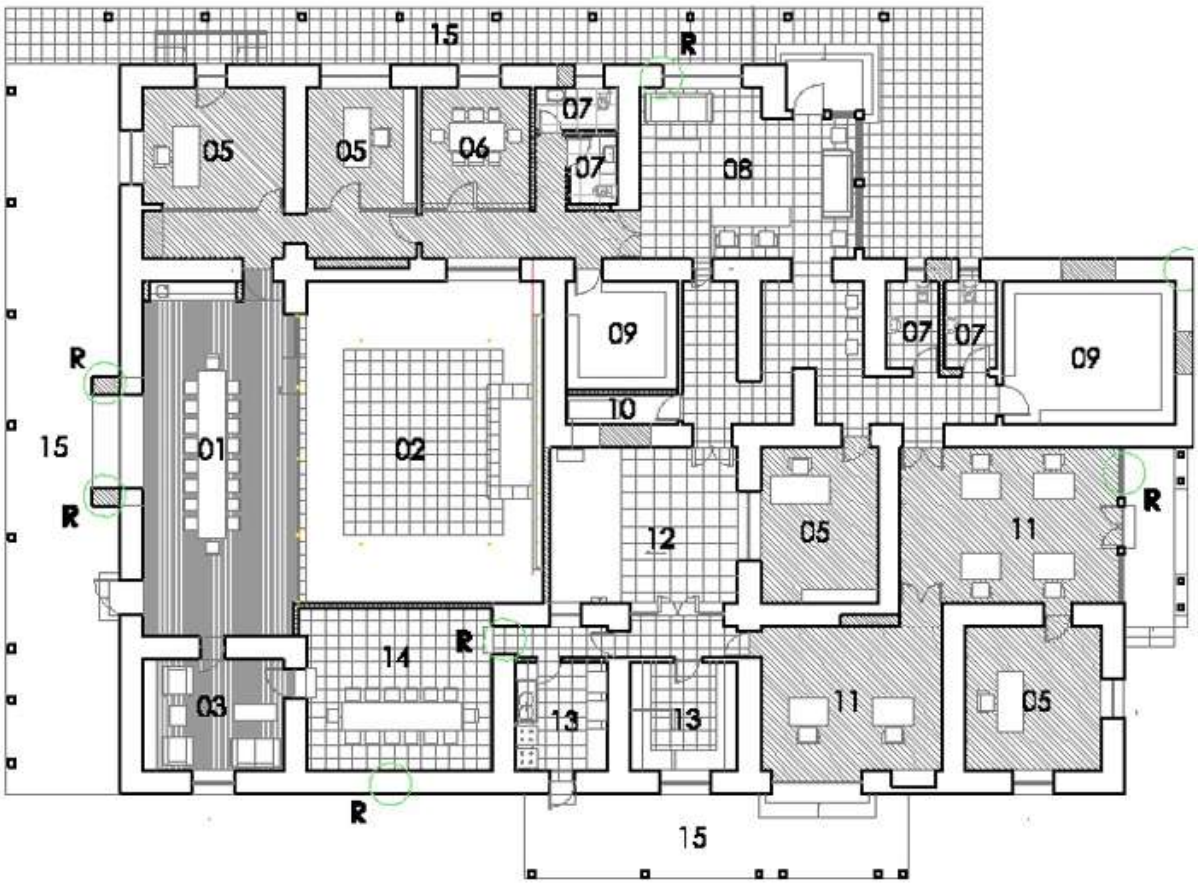


Figura 2 Planta general de arquitectura

01	Sala de catas	09	Bodega vinos
02	Patio interior sala catas	10	Archivo
03	Bar	11	Área contabilidad
05	Oficinas individuales*	12	Patio interior área contabilidad
06	Sala reuniones gerencia	13	Cocina
07	Servicios higiénicos	14	Casino funcionarios
08	Recepción-Secretaria	15	Corredores exteriores

Muros achurados equivalen a muros rellenos con nuevos adobes
Letra R con círculo color verde equivalen a puntos de refuerzo estructural
Norte hacia arriba
***** (Gerente de operaciones, Jefe de Administración y finanzas, Enólogo)

5.- PROPUESTA DE RESTAURACION

Se recibió el programa detallado planteado por la administración. Se analizó la casona a restaurar y sus condiciones estructurales determinantes. Entre estas se consideró reconstituir algunos segmentos de muros eliminados de la estructura original. Esto con el objetivo de mejorar el desempeño sísmico al recuperar masa.

Se aprovechó de considerar el mejoramiento de condiciones ambientales y de eficiencia energética. Las principales consideraciones en éste sentido fueron:

1.- Constitución de patio interior que permitiera mejorar la iluminación, ventilación natural y humidificación de recintos.

2.- Configuración de corredor en fachada norte que permitiera evitar el sobrecalentamiento de los muros en período estival y protegiera el adobe del efecto degradante de las aguas lluvias (Figura 3).

3.- Aumentar la superficie vidriada de forma de aumentar el nivel lumínico natural. Esto se realizó ampliando las fenestraciones en sentido vertical, de forma de no restar estructura portante al adobe.

En cuanto al partido general, se trató de diferenciar sectores de oficinas de gerencia, espacios administrativos y de servicios internos e identificación y autonomía de la sala de catas. Esta última, constituye una pieza clave en la clasificación de los mostos, requería ciertas condiciones especiales de aislación visual (Figura 2 - sala centrada sector izquierdo de la imagen con gran mesa). Al mismo tiempo, el cliente solicito un desahogo visual hacia el jardín poniente. Esta fue la única intervención en que se restó estructura de adobe y se realizó considerando el máximo distanciamiento a la esquina y de un tamaño tal que no comprometiera la estructura de adobe (Figura 4).

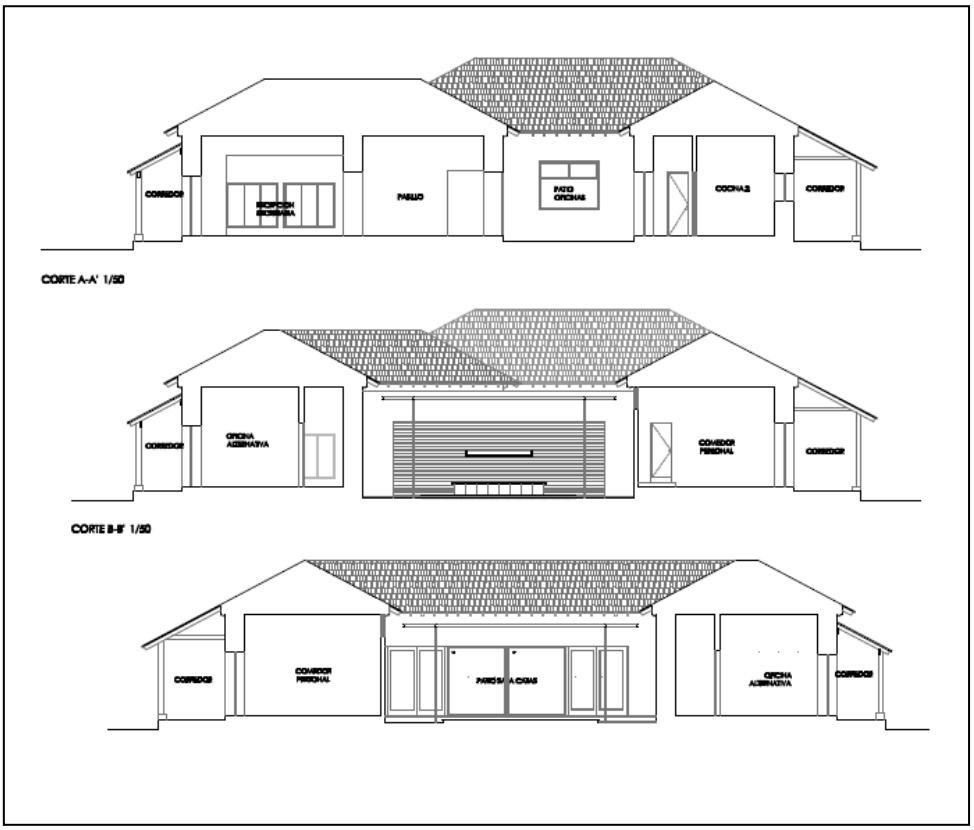


Figura 3. Cortes de arquitectura. Vista de corredores orientados al norte y poniente y nuevo patio interior. Este último presenta pérgola y pileta de agua.

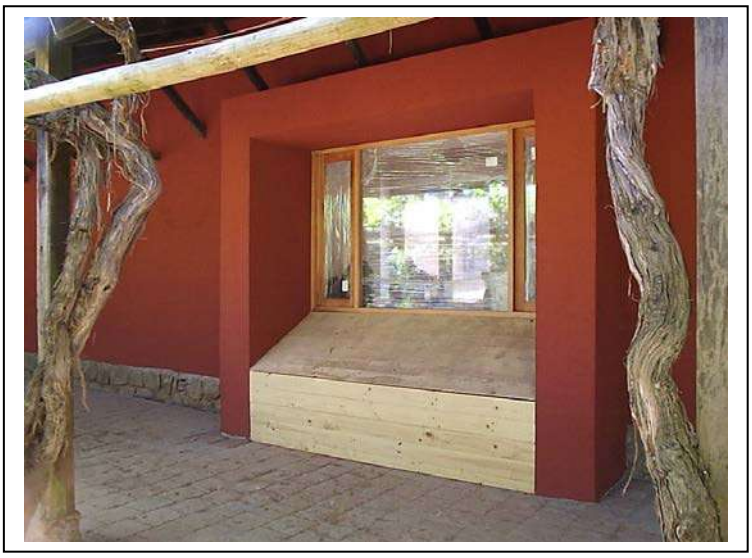


Figura 4. Ventana abierta a corredor y jardín poniente conectando sala de catas

6.-SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Se procedió a liberar la edificación de adobe de todos aquellos elementos y/o recintos construidos posteriormente con materiales diversos.

Se adaptó la solución de mallas con “vena” del manual colombiano señalado en el punto 3, a las condiciones sísmicas nacionales. Luego de consultar la opinión de varios Ingenieros calculistas chilenos, se escogió sustituir las mallas “con vena “ por malla metálica electrosoldada tipo ACMA C 92- (2,6 m X 5 m) de abertura de 150 mm x 150 mm. Este reemplazó se estimó necesario dada la mayor energía liberada en los sismos nacionales en comparación a los colombianos. Esta debe retornar 50 cm en las esquinas del muro, tanto interior como exteriormente. Estas se deben amarrar con alambrón Nº 8 tipo INCHALAM de 4,17 mm de espesor en una disposición variable. Se inyectó en perforación mezcla en estado plástico de cal-tierra en proporción 1:2 de forma de asegurar inmovilidad de alambrón. Una vez limpia y libre de revoque suelto de las superficies de los muros, se procedió a revocar estos en capas sucesivas de mortero de cemento – arena en dosificación 1:3. El área reforzada se trató por ambas caras con revoque de cemento-arena en proporción 1:3 a grano perdido. Por el exterior de los muros se realizó con un revoque de suelo estabilizado preparado con una agua de amasado compuesta por: cola de carpintero, cal, leche entera y agua, en proporción 1:2:3:4 con el propósito de estabilizar el muro en relación al efecto negativo del agua de lluvias y humedad exterior (Figura 5).

Figura 5. Vista de reforzamiento esquina sur-oriente mediante malla metálica electro-soldada

Una vez seco este estuco, se colocó una malla de fibra de vidrio embebida en Propasta E en espesor de 3 mm. La Propasta E es un mortero adhesivo, elastomérico e impermeabilizante cuya mezcla está basada en copolímeros acrílicos altamente elásticos y resistentes a la alcalinidad. La granulometría es una cuidadosa mezcla de arenas puras totalmente lavadas de sales. Esta solución permite evitar posibles fisuraciones del muro y su consecuente degradación por efectos de las aguas lluvias. A su vez, se aplicó una mano de Propasta E en toda la superficie del muro exterior. Luego la superficie se pintó con pintura Full print de color similar a muro existente (Figura 6).

Figura 6. Malla de fibra de vidrio con propasta E

Por el interior de los muros se consideró la reparación de áreas agrietadas con enlucido de yeso, luego empastado y pintado de todos los muros interiores de la casona con pintura al agua de poro abierto.

7. CONCLUSIONES

7.1.- Existe una enorme cantidad de edificios de tierra de carácter patrimonial que prestan funciones institucionales e industriales en áreas rurales de Chile. Esto se verifica especialmente en el sector vitivinícola, como es el caso presentado en ésta ocasión. Aparte de sus atributos de valor cultural, estos representan un consistente valor económico. Por lo anterior es recomendable una acertada evaluación estructural y recuperación luego de un sismo.

Gerencia evaluó los costos de demoler el edificio existente y reponer por un edificio nuevo. Luego de estimar estos se optó por restaurar el existente. Un factor decisivo en éste sentido fue el que se estimó positivamente el valor patrimonial del inmueble. El que la materialidad de éste fuera doble , contribuyó a salvarlo, puesto que éste es un material muy apreciado en ésta zona rural por sus diferentes bondades. La inversión de recuperación del edificio fue de USD 200.000 con un valor de USD 171/m^2.

7.2.- El desconocimiento acerca de las fragilidades del material tierra, explica una mantención insuficiente del edificio. Esto fue especialmente notorio en el precario estado de

la cubierta, expresado a través de piezas de madera de estructura de cubierta en mal estado y deterioro de las tejas de cemento micro-vibradas.

7.3.- La inconsciencia acerca de las condiciones estructurales de las estructuras de tierra, llevo a que a través del tiempo el edificio fuera inadecuadamente intervenido. Lo anterior se expresa a través de micro-intervenciones de socavamiento parcial de los muros de tierra. Esto se verifico en varios puntos del edificio con el objetivo de embutir instalaciones de redes y ampliaciones de vanos.

7.4.-El buen comportamiento del edificio, se explica en parte por el sobre-cimiento de albañilería de piedra e hilada de ladrillo cocido. Este permitió aislar y proteger los muros de tierra del negativo efecto de la humedad por capilaridad a lo largo de los años.

7.5.-Se optó por razones de costo por la solución de malla electrosoldada en detrimento de la reversibilidad de la intervención. El haber intervenido con mallas poliméricas habría significado tener que desarmar la cubierta y volver a ejecutarla, para lograr que la malla envolviera los muros por ambas caras y fijarse a nivel de sobrecimiento.No existían a la fecha de los trabajos de restauración antecedentes técnicos acerca del uso e instalación de mallas del tipo poliméricas en Chile.

Por otra parte, la compañía tenía el antecedente de la recomendación de ingeniería local, de intervenir en la reparación utilizando las soluciones descritas en el manual colombiano de la referencia bibliográfica, por lo que finalmente se optó por esta solución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIS – Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Presidencia de la República. *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Bogotá, Colombia.

Currículos

Hugo Pereira Gigogne, Arquitecto, miembro de ICOMOS y Red Iberoamericana PROTERRA. Especialista de curso de postítulo en el área de la restauración patrimonial de la Universidad de Chile, docente Universidad Tecnológica Metropolitana, analista SERVIU RM-MINVU, Premio “Fermín Vivaceta” 2000, Colegio de Arquitectos de Chile.

Diego Pereira Escobar. Arquitecto Universidad Diego Portales, Premio U.D.P. excelencia académica 2007, 1° Premio concurso de estudiantes CHILEDUCA 2003- “Nuevos espacios para la reforma educativa”. Ministerio de Educación –UNESCO, Libre ejercicio profesional en Chile, España y Croacia.

PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN PATRIMONIAL POST 27F. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO

Andrés Gil Santa Cruz

Programa *de Reconstrucción*
agil@minvu.cl

Palabras claves: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Patrimonio, Reconstrucción, Terremoto

Resumen

El terremoto ocurrido el 27 de febrero de 2010, que alcanzó los 8.8 grados en la escala de Richter, dejó un enorme nivel de destrucción física y social, localizada principalmente en la zona central de nuestro país. Esto dejó en evidencia la desprotección y fragilidad de nuestro patrimonio cultural inmueble y la necesidad de contar, en el sector público, con apoyos económicos, criterios de conservación, intervención y reconstrucción en las edificaciones y conjuntos patrimoniales.

En esta materia el Gobierno de Chile tomó la decisión de hacerse cargo de la recuperación de las viviendas de aquellos núcleos urbanos con características patrimoniales, conservando la identidad arquitectónica y urbana de distintas localidades a lo largo de Chile. Para esto el Ministerio de vivienda y Urbanismo (MINVU), en el marco del Plan “Chile Unido Reconstruye Mejor”, creó el Programa de Reconstrucción Patrimonial, inédito en las políticas públicas de nuestro país.

Dada las dimensiones de la catástrofe y la necesidad de llegar a todos los damnificados fue necesario ampliar la declaratoria de zonas patrimoniales de 46 zonas, ya declaradas por el Consejo de Monumentos Nacionales y Planes Reguladores, a 140 por Resolución de la SEREMI. De esta forma, se entregaron 4.962 subsidios patrimoniales, equivalente a una inversión de más de 2.300.000 UF (50 mil millones de pesos).

Considerando los distintos tipos de daños en las viviendas, fue necesario diversificar las soluciones, entregando subsidios de reparación de viviendas y de construcción de vivienda nueva, manteniendo tanto las características patrimoniales como los antiguos sistemas constructivos. Un ejemplo de esto ha sido la utilización del adobe, donde se ha tenido que innovar en nuevas y modernas técnicas de construcción que consideran la condición sísmica del país.

A la fecha, se han entregado la totalidad de los subsidios, se encuentran en diseño el 100% de los proyectos, se han iniciado el 63% de las obras y se han entregado el 26% de las viviendas.

1. CONTEXTO

El 27 de Febrero de 2010, Chile es fuertemente azotado por un terremoto grado 8.8 en la escala de Richter que destruye gran parte de las viviendas, colegios, hospitales, servicios e infraestructura de la zona central de nuestro país, en una extensión de más de 800 kilómetros.

Al asumir el nuevo gobierno se define el desafío de reconstruir el país dentro de los 4 años que dura el periodo presidencial, desafío exigente que trae consigo la generación de un Plan de Reconstrucción sin precedentes, nuevas políticas públicas y por sobre todo la creación de nuevos equipos de trabajo y herramientas que por motivos prácticos y de funcionamiento de los Ministerios se basan principalmente en los programas existentes.

Al Ministerio de Vivienda y Urbanismo le toca la tarea de abarcar el proceso de reconstrucción urbana y habitacional de la zona afectada, otorgando 222.418 subsidios habitacionales que responden a diferentes programas y soluciones. Además de la creación de 110 Planes de Regeneración Urbana (PRU) y 27 Planes de Reconstrucción Estratégica Sustentable (PRES).

Dentro de los desafíos enfrentados, se encuentra el complejo problema de las ciudades que tienen características patrimoniales, y el cómo preservar la imagen e identidad

arquitectónica de estas localidades que representan la cultura e historia del país.

Es así como el Ministerio toma la decisión de hacerse cargo de esta dimensión y crear el programa de "Reconstrucción Patrimonial" cuyo principal objetivo es la recuperación de la imagen histórica de los conjuntos urbanos que presentan características de este tipo.

2. PROGRAMA DE RECONSTRUCCIÓN PATRIMONIAL

2.1 Introducción

El programa de Reconstrucción Patrimonial está enfocado principalmente en la recuperación del tejido de la vivienda rural, que plasma y representa las formas de vida, costumbres y desarrollo de cada uno de estos pueblos, donde la vivienda actúa como principal articuladora de la estructura urbana, que en conjunto y en directa relación con el espacio público conforman los conjuntos patrimoniales.

Frente a la emergencia de la catástrofe, se decidió darle un tratamiento especial a estos casos, buscando nuevas respuestas y criterios para intervenirlos. Uno de los aspectos más relevantes y preocupantes a tener en cuenta fue que se evitó la asignación de viviendas de diseño homogéneo, o único replicable a todos los casos, ya que eran soluciones ajenas a la situación puntual de arquitectura, forma y condición territorial de cada zona y que no eran adaptables a la realidad de cada contexto histórico.

En esto se basa la importancia de la definición de criterios constructivos y arquitectónicos de cada pueblo, permitiendo replicar un modelo en aquellos de similares características, sin perder de vista los aspectos sociales y formales, específicos y singulares para cada localidad. El plan se basa en la hipótesis de que por medio de la identificación de estos criterios es posible proponer una estrategia que los reconstruya para mantener vivo y vigente su patrimonio social y cultural más profundo.

De esta forma, es posible generar propuestas de viviendas atingentes y acotadas, para lograr un justo calce y equilibrio entre lo nuevo y lo antiguo, siempre en conjunto con la participación de la comunidad, que desarrollan sus costumbres y tradiciones entregándole un valor agregado intangible a estos poblados con historia e identidad propia.

2.2 Objetivos

El objetivo principal del Plan de Reconstrucción Patrimonial es que junto con que las familias recuperen una vivienda definitiva, las distintas localidades conserven su identidad patrimonial e imagen urbana afectada por el terremoto.

Para esto es esencial insertar este concepto en la comunidad, trabajando, dentro de lo posible, a partir de la utilización de materiales y técnicas propias de cada zona y sobre la base de mantener las características arquitectónicas y morfológicas de cada sector, como la fachada continua, techos de teja a dos aguas con cumbrera hacia la calle, corredor, espesores de muro, entre otros.

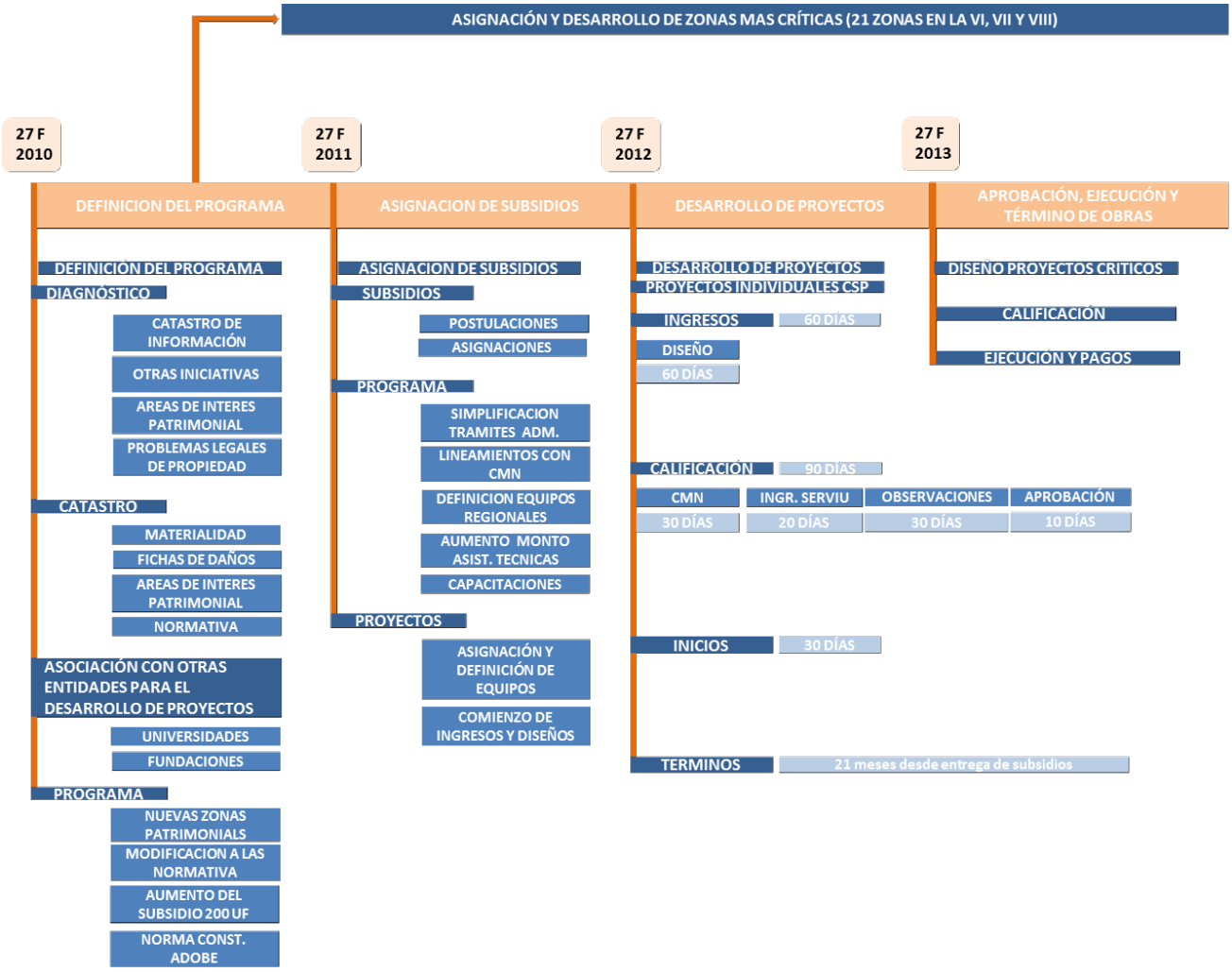
Se busca además plantear las directrices para las ampliaciones a futuro, configuradas esta vez con técnicas constructivas antisísmicas, condiciones de habitabilidad y térmicas que garanticen permanencia en el tiempo, seguridad y tranquilidad a los habitantes, modificando las técnicas originales de construcción y aplicando tecnologías ad-hoc, tal como dice Rafael Monreo (s/f; s/p)

> *Es preciso superar el término "rehabilitar edificios" para hablar de la recuperación de nuestras ciudades como espacios de vida, empeño que se realizará mediante recuperación de edificios, transformación crítica de los mismos, pero también y muy especialmente mediante sustitución y obras de nueva planta. La inserción de la Arquitectura Moderna en nuestras ciudades antiguas es imprescindible. Estas actividades han de estar combinadas y coordinadas de tal manera que la complejidad y sutileza de las operaciones permita el mejor resultado. Intervención y conservación no son líneas antagónicas sino complementarias e indispensables entre sí.*

Puntos claves del Programa

- **Cambios en las políticas públicas:** se instaura por primera vez una política que incite a valorar y recuperar la imagen histórica patrimonial de nuestra cultura.
- **Cohesión entre las diferentes entidades gubernamentales:** la colaboración de municipios, gobiernos regionales, e instituciones ministeriales, regionales y locales es de gran importancia tanto para los aportes económicos como administrativos.
- **Trabajo con la comunidad y actores locales:** la participación ciudadana es de gran importancia, sobre todo para otorgar valor a estos conjuntos e incitar al mantenimiento de la imagen urbana de los sectores definidos como polígonos patrimoniales.
- **Oportunidad de desarrollo:** la recuperación de estos sectores trae consigo una serie de beneficios a las comunidades, ya que, no solo recuperan sus viviendas sino que también se potencia la imagen urbana permitiendo el desarrollo local y turístico.
- **Cooperación público-privada:** la ayuda de otras instituciones, Corporaciones, Fundaciones, Empresas, etc. se hace fundamental para el desarrollo del Programa.

2.3 Etapas de ejecución del programa



2.3.1 Diagnóstico

La definición de los lineamientos para el desarrollo y creación de este programa, nacen luego de concretar el catastro y registro de daños por parte tanto del MINVU como de los Gobiernos Regionales con el apoyo de instituciones y organizaciones privadas. Una vez que se tuvo el panorama nacional definido y tomando en cuenta el nivel de daño principalmente

de las localidades rurales, se decide generar este programa con los objetivos antes descritos.

Para realizar el catastro se diseñaron las llamadas Fichas de Daños, que dan cuenta de información gráfica, técnica y a veces social para cada vivienda, lo que ha permitido identificar o confirmar para cada inmueble afectado su valor o condición patrimonial y su nivel de daño físico. A nivel nacional refleja que, del total de viviendas dañadas, las de adobe corresponden al mayor porcentaje (27%) respecto a las de otros materiales tales como albañilería, hormigón, madera, etc. A nivel regional se observa que las regiones de O'Higgins y del Maule poseen el mayor porcentaje de daños de adobe (54% y 59%, respectivamente) con relación a las otras regiones afectadas. Lo anterior refleja la necesidad de desarrollar este programa, principalmente para preservar aquellas viviendas de adobe que no habían sido completamente dañadas por el terremoto.

Para el desarrollo del diagnóstico fue necesario apoyarse en la información y catastros existentes previos a la fecha del terremoto para conocer el universo de edificaciones protegidas por la legislación vigente, la Ley de Monumentos Nacionales (legislación especial para la protección del patrimonio a nivel nacional) y la Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (legislación general para la protección del patrimonio de nivel local y regional) (Ministerio, s.f).

Se detectó que no existían registros muy precisos, lo que obligó a realizar un trabajo previo de actualización y cruce de información con distintos mecanismos y plataformas informativas del MINVU, como el Programa de actualización de Planes Reguladores Comunales, archivos de la Mapoteca de la DDU, información del Observatorio Urbano, además de los registros y publicaciones actualizadas de Concejo de Monumentos Nacionales, entre otras,.

A partir de este trabajo, el proceso de diagnóstico se separa en cuatro partes:

A. **Recopilación de antecedentes de instituciones oficialmente involucradas en la protección del patrimonio previo al sismo:** por ejemplo Consejo de Monumentos Nacionales, Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas (MOP), Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA), Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR) dependiente de la Dirección de Bibliotecas Archivos y Museos (DIBAM).

B. **Sistematización de la información existente:** sobre las edificaciones y conjuntos declarados por la Ley de Monumentos Nacionales, en su condición de Monumentos Históricos y Zonas Típicas o Pintorescas respectivamente, como también los inmuebles y conjuntos declarados por el Plan Regulador Comunal según lo dispone el artículo 60° inciso segundo de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, como Inmuebles y Zonas de Conservación Histórica, para tener un primer estimado del universo de construcciones protegidas por su condición patrimonial. Esto lo realiza la División de Desarrollo Urbano en coordinación con las diferentes entidades privadas y públicas que participaron del proceso.

C. **Identificación de polígonos:** se identifican las áreas de interés patrimonial en las distintas regiones, aumentando el universo de las ya definidas por CMN y la Ley de Ordenanza General de Urbanismo y Construcción abarcando todas aquellas localidades que las mismas comunidades y los municipios consideran de valor o interés histórico para definirlas como Zonas de Interés Patrimonial (previamente certificadas por las SEREMI).

   Antes del 27F estaban definidas 42 zonas a lo largo de Chile, de las cuales 27 las estableció el CMN y el resto los Planes Reguladores. Este universo luego del trabajo realizado se extiende a 140 polígonos a lo largo de la zona afectada.

D. **Identificación de problemas:** se identifican los problemas administrativos, físicos, logísticos, de recursos humanos y económicos tanto a nivel regional como de la política pública existente, proponiendo soluciones para enfrentarlos.

2.3.2 Desarrollo

El desarrollo del Plan se lleva a cabo a través de tres iniciativas:

A. Descentralización, trabajo con la comunidad y gestión local:

Una de las grandes innovaciones del Plan ha sido la creación de equipos regionales dada la complejidad de los proyectos, la necesidad de tener conocimientos de cada caso en específico, relación con los municipios y actores locales.

Ha sido necesario también prestar asesoría a los equipos que participan del programa, por la poca trayectoria que la mayoría lleva en la construcción de viviendas en tierra y por la falta de experiencia en el desarrollo de proyectos con características patrimoniales.

El trabajo con la comunidad fue indispensable en el desarrollo del programa, se establecieron instancias de capacitación en recuperación patrimonial, construcción antisísmica, mantenimiento de las viviendas, entre otros. Esto en coordinación con los equipos regionales y con la importante colaboración de ONGs, universidades, fundaciones, etc.

En cuanto a la coordinación con CMN, el MINVU cuenta con una participación activa a través de un consejero representante que se desempeña en la División de Desarrollo Urbano, que está encargado de apoyar a las regiones en la actualización de información y catastros, coordinación con la institución y agilización de los procesos de aprobación de proyectos.

B. Identificación de valores patrimoniales de los polígonos previamente definidos

Para desarrollar los proyectos se hace indispensable definir los valores tradicionales de cada zona para recuperar o reinterpretar.

El objetivo de esta identificación es que, en los proyectos a diseñar y construir, los rasgos formales propios de una obra arquitectónica puedan aparecer como resultado de la valoración de los aspectos patrimoniales que subyacen en ellos, tanto culturales como materiales.

Como expone Solà-Morales (2006, p.155), *la intervención como operación estética es la propuesta imaginativa, arbitraria y libre por la que se intenta no sólo reconocer las estructuras significativas del material histórico existente, sino también utilizarlas como pauta analógica del nuevo artefacto edificado.*

Se definió un listado de componentes arquitectónicos y constructivos característicos de algunas zonas patrimoniales del país, siendo necesario hacer un análisis en cada una de las localidades para identificar elementos y criterios específicos y propios.

A este trabajo se le debe sumar el realizado por la DDU, que emitió dos circulares (Circulares DDU 231 y DDU 232) con instrucciones sobre cómo proceder en situaciones de obras de emergencia, cuando fuese necesario la demolición o reconstrucción de las viviendas afectadas, tomando los resguardos necesarios a fin que se preserve la identidad cultural e imagen urbana tradicional.

Techumbres continuas y paralelas a la calle

Fachada continua

Corredores

Zócalos

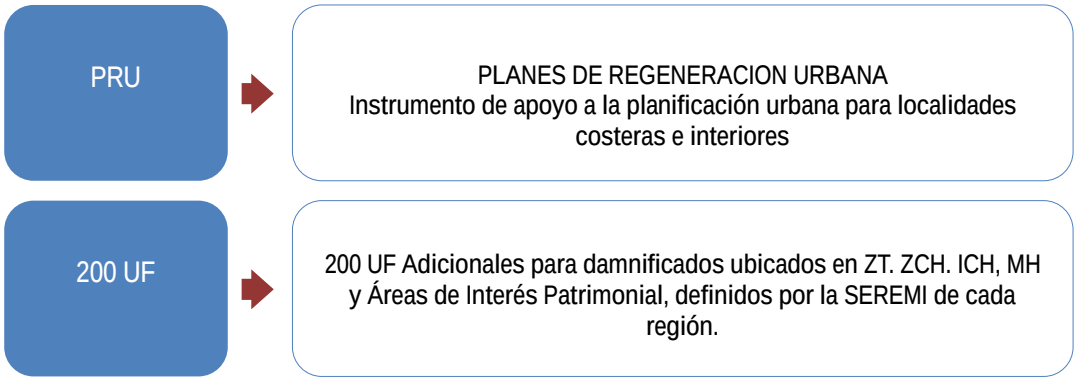
C. Identificación de herramientas de planificación urbana y descripción de subsidio patrimonial.

Es importante destacar que la finalidad de este subsidio es la de recuperar la imagen histórica y urbana de las localidades con polígonos definidos, por lo que el subsidio de recuperación patrimonial se basa principalmente en un aumento de 200 UF a los subsidios regulares de reconstrucción los cuales deben estar invertidos en la recuperación de los valores patrimoniales definidos anteriormente.

Por otro lado, como el subsidio está enfocado en recuperar la vivienda, se debieron flexibilizar las normativas para de esta manera poder abarcar aquellas viviendas emblemáticas dentro de una localidad o de gran importancia dentro de un conjunto patrimonial pero que por problemas administrativos las familias no eran aptas para postular al subsidio.

Como herramienta adicional, existen los Planes de Regeneración Urbana o PRU, los cuales se desarrollaron en las localidades cuya “imagen urbana” se ve afectada por el proceso de reconstrucción. Estos permiten orientar la reconstrucción armónica de localidades, barrios y ciudades cuyo carácter urbano e identidad se ven amenazados por las dinámicas propias de la reconstrucción y que ameriten contar con instrumentos que protejan su valor patrimonial como conjunto.

De los 110 PRU, 43 corresponden a localidades que cuentan con polígonos patrimoniales.



2.3.3 Implementación

La implementación del Plan fue un desafío que implicó una importante labor de coordinación entre el Ministerio y los equipos regionales, además de un constante apoyo de éstos últimos a los equipos y constructoras que se encuentran desarrollando los proyectos.

Una vez realizado el catastro de todos los casos, se ingresaron al Registro de Reconstrucción y se implementaron algunas medidas para ejecutar el Programa de una manera más eficaz

En primer lugar para hacer la entrega de subsidios, se definieron en todas las localidades el tipo de intervención a implementar, ya sean Reparaciones, Rehabilitaciones o Reconstrucciones. Para luego hacer asignación del subsidio adecuado a cada caso.

Por otro lado se definieron aquellas localidades que serían prioritarias en cada región, esto de acuerdo al nivel de daños, organización local, disponibilidad de constructoras y equipos de diseño en el sector. Se especificaron un total de 21 localidades prioritarias en las tres regiones con mayor nivel de daños.

Tipos de intervención

Rehabilitación	Viviendas que requieren reparaciones mayores manteniendo la estructura principal de la vivienda sin necesidad de ser demolida.
Vivienda Nueva	Viviendas con daños mayores que requieren demolición o fueron destruidas por el terremoto.
Reparación	Viviendas que requieren proyectos específicos de reparaciones menores.

Polígonos Prioritarios

VI Región Libertador Bernardo O´Higgins	Lolol
	San Pedro de Alcántara
	Zuñiga
	Población
	Chépica
	Paredones
	Guacarhue
	Pumanque
	Peralillo

VII Región Maule	Vichuquen
	Huerta de Maule
	Chanco
	Curepto
	Sauzal
	Talca

VIII Región Biobío	Coronel
	Cobquecura
	Lota Alto
	Tome
	Yumbel

Una vez que se encuentran definidos los daños y los 4.962 subsidios entregados por las respectivas Seremis comienza el proceso de organización de la demanda por parte de la Entidad de Gestión Inmobiliaria Social (EGIS) en conjunto con universidades, fundaciones, oficinas de arquitectura, etc. para que luego sean éstos quienes desarrollan los proyectos que posteriormente son revisados y aprobados por SERVIU.

Para asegurar la calidad y hacer más expedito el proceso, se propone también la realización de mesas técnicas MINVU-SERVIU, para revisar y complementar previamente los proyectos. Tratándose de áreas declaradas Zonas Típicas o Pintorescas, se debe trabajar en conjunto con el CMN y sus comisiones regionales.

Finalmente, se obtiene la solución definitiva, para lo cual se debe considerar que el subsidio de reconstrucción o reparación que aporta el MINVU tiene por objeto reconstruir o reparar los primeros 50 m^2 con el compromiso que propietarios o terceros aseguren que el resto de la edificación también se reconstruirá (con aportes privados o por medio de subsidios regulares de ampliación) respetando los valores patrimoniales del conjunto.

2.5 Resultados (cifras)

A tres años del terremoto, se tiene el 93% de los proyectos en revisión, 64% de las viviendas iniciadas y un 26% terminadas.

Región	Índice de Control	Mayo 2013	Meta Diciembre	Avance
V	Subsidios asignados	559	**559**	**100%**
	Diseño ingresado a Serviu o Seremi	399	**559**	**71%**
	Diseño con CCD	349	**559**	**62%**
	Obras Iniciadas	339	**559**	**61%**
	Obras Terminadas	316	**559**	**57%**
Región	**Índice de Control**	**Mayo 2013**	**Meta Diciembre**	**Avance**
RM	Subsidios asignados	256	247	**100%**
	Diseño ingresado a Serviu o Seremi	247	247	**100%**
	Diseño con CCD	236	247	**96%**
	Obras Iniciadas	203	247	**82%**
	Obras Terminadas	123	247	**50%**
Región	**Índice de Control**	**Mayo 2013**	**Meta Diciembre**	**Avance**
VI	Subsidios asignados	1.228	1.228	**100%**
	Diseño ingresado a Serviu o Seremi	1.090	1.228	**79%**
	Diseño con CCD	761	1.228	**51%**
	Obras Iniciadas	514	1.228	**33%**
	Obras Terminadas	278	1.228	**17%**
Región	**Índice de Control**	**Mayo 2013**	**Meta Diciembre**	**Avance**
VII	Subsidios asignados	972	972	**100%**
	Diseño ingresado a Serviu o Seremi	904	972	**93%**
	Diseño con CCD	746	972	**77%**
	Obras Iniciadas	679	972	**70%**
	Obras Terminadas	402	972	**41%**
Región	**Índice de Control**	**Mayo 2013**	**Meta Diciembre**	**Avance**
VIII	Subsidios asignados	1.956	1.956	**100%**
	Diseño ingresado a Serviu o Seremi	1.956	1.956	**100%**
	Diseño con CCD	1.575	1.956	**81%**
	Obras Iniciadas	1.424	1.956	**73%**
	Obras Terminadas	166	1.956	**8%**

	Índice de Control	Mayo 2013	Meta Diciembre	Avance
Total	Subsidios asignados	4.962	4.962	**100%**
	Diseño ingresado a Serviu o Seremi	4.596	4.962	**93%**
	Diseño con CCD	3.667	4.962	**74%**
	Obras Iniciadas	3.159	4.962	**64%**
	Obras terminadas	1.285	4.962	**26%**

3. DIFICULTADES Y APRENDIZAJES

El programa Patrimonial, una de las tantas aristas del Programa de Reconstrucción, representa solamente un 2% del total de las viviendas a reconstruir, sin embargo los esfuerzos realizados por sacarlo adelante y la relevancia tanto a nivel de ciudad como de política pública son mucho mayores.

Son diversas las dificultades que se han enfrentado a lo largo del proceso de reconstrucción, comenzando por la problemática que significa implementar un nuevo programa que no tiene precedentes ni bases sólidas donde establecerse.

En la historia de las políticas públicas de nuestro país, son pocas las instancias donde se ha discutido acerca de la preservación del patrimonio urbano de nuestras ciudades, no existiendo ningún subsidio que incentive la reparación o reconstrucción del patrimonio habitacional - si bien por parte de otros Ministerios existían políticas de conservación, por ejemplo de iglesias, edificios públicos, etc.- en el Ministerio de Vivienda y Urbanismo era un tema que ante el déficit de viviendas a nivel nacional aún no se abordaba.

Con el desastre del terremoto, y el alto nivel de daños que sufrieron las ciudades de la zona afectada, se va entendiendo la importancia de recuperar los valores arquitectónicos y urbanos característicos de nuestras localidades rurales.

Una de las primeras dificultades fue la de coordinación entre los distintos Ministerios y entidades públicas que manejaban información sobre el tema. Y también la conformación de los equipos regionales que debían estar compuestos por expertos en el tema patrimonial y de conservación. A un año del terremoto, el Programa estuvo definido, las localidades estaban declaradas y los casos identificados.

En la parte técnica al no existir una normativa de construcción en tierra, fue necesario estudiar las normas internacionales y experiencias de otros países para desarrollar la nueva Norma de Adobe, próxima a ser aprobada.

Una vez definido el programa, el mayor problema fue el de convencer a los propietarios de las viviendas de Adobe de conservar la materialidad de sus viviendas y repararlas. Fue tanto el daño y la inestabilidad de éstas que el impacto generado en los habitantes fue difícil de olvidar, teniendo que realizar capacitaciones y talleres explicando las nuevas metodologías constructivas, para enseñar tanto su comportamiento estando reparadas como la importancia de realizarles mantención y cuidado a los muros para evitar su deterioro y por ende el de la estructura principal de la casa.

Durante la marcha se presentaron dos grandes problemáticas en relación a los equipos que desarrollarían los proyectos. Por un lado la dificultad de encontrar profesionales instruidos, con experiencia en diseño de viviendas de tierra y con características patrimoniales, para lo que el apoyo de los equipos regionales fue indispensable, guiando constantemente en el diseño. Y por otro, encontrar constructoras y mano de obra especializada

Actualmente el Programa se desarrolla con normalidad, sin embargo el avance es más lento que el de otros, dada las dificultades nombradas anteriormente. A esto se le debe sumar la dificultad general de encontrar mano de obra, dado que los pequeños y medianos contratistas, que son los que han sido protagonistas del Programa, no cuentan con mano de obra constante, y es difícil competir con oferta de trabajo tanto en la recolección de fruta como de la minería.

A tres años de desarrollado el Programa, se puede decir que en Chile se comienza a desarrollar una política de conservación de nuestro patrimonio urbano, habiéndose cimentado las bases para que continúe su desarrollo a futuro. Por primera vez se tienen precedentes de cómo enfrentar una problemática de este tipo, además del conocimiento de las muchas localidades y rincones de nuestras ciudades que tienen un valor urbano reconocible y que vale la pena mantener.

El trabajo realizado y la decisión de hacerse cargo de este tema comienza a tener efectos en otros programas del Ministerio, como el programa de Desarrollo de Barrios Patrimoniales, y Subsidio a zonas de interés patrimonial del Altiplano, entre otros.

Por otro lado, la experiencia obtenida en este proceso, habla también de la importancia de generar políticas que a futuro continúen desarrollando de manera integral las localidades ya intervenidas, considerando no solo las viviendas sino también su entorno y dimensiones económicas para potenciar y mejorar la calidad de vida de sus habitantes basado principalmente en el desarrollo local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Solá- Morales, Ignasi (2006). *Intervenciones*. Barcelona: Gustavo Gili.

Consejos de Monumentos Nacionles (2001). Ley 17.288 sobre Monumentos Nacionales de 1970. Normas sobre Zonas Típicas o Pintorescas. (en línea) Cuadernos del Consejo de Monumentos Nacionales. Segunda Serie, Nº 37. Marzo, 2001 (fecha de consulta: 3 de junio de 2007) Disponible en: http://www.monumentos.cl/pdf/normas.pdf

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (s/f) – O.G.U.C. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones de Chile (fecha de consulta: 14 de diciembre de 2010). Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20070404173759.aspx

Monreo, Rafael (s/f). *Programa Pagus a Cádiz 2005.* Disponible en: http://www.arquitectosdecadiz.com/pagus/Objetivo.asp

Currículo

Andres Gil Santa Cruz, Ingeniero Civil Electrónico de la Universidad Mayor. Director Área Regiones de Un Techo para Chile entre el año 2007 y 2011. Ingresa al Ministerio de Vivienda y Urbanismo el año 2011 como Coordinador Nacional del Programa de Aldeas, desempañandose en diversos cargos hasta Mayo 2013 donde asume el cargo de Coordinador Nacional del Programa de Reconstrucción.

REPARACIÓN Y CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA LA MATRIZ DE VALPARAÍSO

Mauricio Sánchez Faúndez[1], María José Larrondo Pulgar[2]

Consejo de Monumentos Nacionales, Santiago, Chile
Av. Vicuña Mackenna Nº84, Providencia. Tel. (+56) 02 2726 1400
[1]msanchez@monumentos.cl; [2]mjlarrondo@monumentos.cl

Palabras claves: cultura constructiva, arquitectura en tierra, riesgo sísmico

Resumen

El terremoto de 2010, además, de afectar en gran medida la arquitectura construida en tierra cruda, acusó los escasos recursos económicos y humanos que tiene el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) para enfrentar este tipo de emergencia. Este escenario abrió una gran oportunidad para el CMN de reinventar su área de acción y de mostrar sus capacidades reales de gestión y de generación de recursos para recuperar los edificios protegidos por la ley de Monumentos Nacionales dañados por el sismo.

Así fue el caso de la Iglesia de la Matriz de Valparaíso – Monumento Histórico declarada como tal en 1971 - , que recibió financiamiento de la Asistencia Internacional del Fondo de Patrimonio Mundial - UNESCO para reparar inmuebles dañados por la catástrofe en el Sitio del Patrimonio Mundial "Área Histórica de la ciudad puerto de Valparaíso". Y, asimismo, se adjudicó fondos del Programa de Apoyo a la Reconstrucción del Patrimonio Material del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA) que junto con la contraparte del Programa de Recuperación y Desarrollo Urbano de Valparaíso (PRDUV) logró sumar suficientes recursos financieros para poder realizar un proyecto de recuperación del inmueble.

La Iglesia, de arquitectura austera, tiene un origen cercano a la fundación de Valparaíso (1559) y si bien, éste edificio no es el mismo de la capilla construida inicialmente, es simbólicamente la matriz fundacional y espiritual de la ciudad. Su mal estado de conservación y falta de mantención ha traspasado los límites materiales del edificio afectando la propia comunidad y el entorno del barrio. Por lo que, este proyecto demandó no solo contar con un acertado diagnóstico y registro de la edificación acordes con la categoría patrimonial del inmueble sino también asegurar un diseño con viabilidad económica, garantizar la recuperación de técnicas tradicionales respecto al uso de la tierra como material de construcción y aplicar tecnologías que aseguren su estabilidad y prolonguen la vida útil del edificio.

La presente ponencia dará a conocer la intervención realizada presentando los desafíos, éxitos y las dificultades en la coordinación de las distintas entidades financieras; las estrategias y métodos utilizados para contar con un diseño integral, y las decisiones políticas (institucionales y locales) para recuperar armónicamente el edificio y la comunidad que conforman el entorno de la iglesia.

1. INTRODUCCIÓN

Tras el terremoto del 27 de febrero de 2010, numerosas instituciones del Estado debieron reorganizar su estructura para enfrentar la emergencia inicial y el posterior proceso de reconstrucción. Así fue el caso del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) que no solo tuvo que optimizar sus recursos financieros y humanos sino que, además, tuvo que gestionar iniciativas y buscar otras fuentes de financiamiento para captar recursos en pos de la protección del patrimonio protegido.

Bajo este nuevo espíritu, el proyecto de intervención en el Monumento Histórico(1) Iglesia de la Matriz pretende presentar un ejemplo de autogestión de recursos y una experiencia de coordinación y administración multi – institucional (UNESCO, PRDUV-SUDERE, CNCA).

Desde la posición de gestor de proyectos, la ponencia intenta mostrar cómo se compatibilizó y se propuso un proyecto que atendió a variables administrativas, criterios de proyecto y estrategias territoriales de acción.

De este modo, el documento presenta las acciones que se hicieron para lograr una intervención respetuosa con el monumento, propone la racionalización de recursos, determina estrategias de intervención prioritarias, establece un orden y control administrativo del financiamiento, y describe el entendimiento con las distintas instituciones inversionistas.

2. METODOLOGÍA Y EVALUCIÓN DEL EDIFICIO

La Iglesia de la Matriz, edificio emblemático dentro de la ciudad de Valparaíso, al momento de la catástrofe, presentaba lesiones de distinto grado, por lo que la primera interrogante que se sugiere es cómo planteamos una estrategia de intervención que detenga el deterioro, establezca prioridades de intervención y principalmente, sea eficiente con los limitados recursos que se cuentan en vista de la complejidad del caso de estudio.

La primera acción fue conocer el estado de conservación del edificio para lo cual se definió una metodología de evaluación que valoró objetivamente todos los componentes que forman parte de la iglesia (estructura, techumbre, fachadas, componentes interiores e instalaciones) y que determinó el proceso patológico del edificio entendido como el diagnóstico del inmueble que reconozca el proceso y origen de los daños, sus causas, evolución y síntomas, su estado actual y establezca tanto las estrategias de intervención como las hipótesis de prevención (Monjo, 1999. p.106). A partir de esto, fue necesario establecer una etapa de diseño de consolidación estructural, por lo que se definió como objetivo del diagnóstico (el encargo) la identificación de los daños y las causas que afecten la estabilidad o alteren la unidad estructural.

Lo anterior, planteó la necesidad de definir lineamientos de orden general: autenticidad, reversibilidad, mínima intervención, compatibilidad – sustentabilidad, durabilidad, etc. En especial fue el caso de la aplicación del criterio de mínima intervención, donde se trató de extender su alcance en cuanto a minimizar los riesgos de problemas futuros al establecer como norma la “menor cantidad de obras posibles, pero a la vez todas las necesarias para la correcta intervención”, reducir los costos de la intervención dada la cuantía de las obras especificadas y la magnitud de las mismas; y disminuir de los gastos generales y plazos asociados a la intervención dados los ajustes realizados. En consecuencia, se buscó propiciar la conservación y sustentabilidad del edificio evitando en obras innecesarias que no respeten los valores de autenticidad y antigüedad del edificio. (Tándem, 2012a, p.4-5)

Sin perjuicio de lo anterior, la Iglesia ubicada en el Barrio Puerto, sector de fuerte deterioro urbano y social, planteaba el desafío de ejecutar una obra de carácter arquitectónico y constructivo que además de detener el desgaste de la edificación contenga la marginalidad, potencie la parroquia como centro de encuentro comunitario y refuerce los valores de integración social del barrio.

2.1 Antecedentes Previos

Primeramente se analizó al monumento desde sus antecedentes históricos, sociales y arquitectónicos – constructivo, que a continuación se describen:

<u>Antecedentes Históricos</u>

La historia de La Matriz, tan antigua como Valparaíso, ha sido parte de la memoria y crecimiento de este puerto, cuyos orígenes se remontan a 1536 con la llegada de Juan de Saavedra, quien como parte de la expedición de Diego de Almagro, explora esta zona costera, consolidándose en 1544 como el puerto de Santiago.

En ese sentido, esta iglesia ha sufrido los principales sucesos que han afectado a Valparaíso, como terremotos, tsunamis, saqueos, bombardeos e incendios y también manifiesta de manera patente, las transformaciones urbanas y sociales que ha tenido el puerto a lo largo de su historia.

Es importante considerar que la capilla original, dedicada a Nuestra Señora de Las Mercedes y construida en el mismo lugar que actualmente ocupa la Iglesia de La Matriz, fue

levantada a mediados del siglo XVI en el asentamiento hispánico llamado Caleta Quintil, que posteriormente sería el núcleo original de la ciudad de Valparaíso. Edificada por el sacerdote Rodrigo González Marmolejo, fue una pequeña choza de adobe, quincha y techo de paja y hojas de palma, hacia 1568, el corsario inglés Sir Francis Drake ataca Valparaíso, quemando la capilla y sustrayendo los insumos metálicos de oro y plata del ritual cristiano.

Posteriormente la capilla es reconstruida por los vecinos de la ciudad, posiblemente de muros de adobe y basamentos de piedra, la cual perdurará por un período de aproximadamente 160 años. Hacia 1730, es nuevamente destruida, ahora por el terremoto de gran magnitud (intensidad hipotética de 8,7°) y un tsunami que afecta toda la ciudad y la costa central de Chile. (Tándem, 2012a, p.15)

En 1749, se reedifica bajo la administración del párroco José A. del Pozo y Silva. Esta tercera construcción presenta gruesos muros de adobe, con una planta compuesta por una nave de acentuada profundidad, con dependencias de menor altura adosado en ambos costados, con iluminación natural mediante un esbozo de claristorio.

Posteriormente, entre los años 1777-1785 y durante la administración del párroco Manuel de Herrera y Elgueta, esta edificación es restaurada, y el 19 de Noviembre de 1822, un nuevo terremoto de gran magnitud, acompañado de un devastador tsunami, destruye La Matriz y gran parte de las edificaciones de Valparaíso.

En 1837 y hasta 1842, se realizó la construcción de esta cuarta y última iglesia. Su arquitecto y constructor fue el párroco José Antonio Riobó. El edificio, fiel representante de la arquitectura del período de transición entre la Colonia a la República, tiene una construcción de planta rectangular con cubierta a dos aguas y tejas españolas de gruesos muro de adobe, con tres naves, pero con un frontis con albañilería de ladrillos y torre de madera, en un estilo que combinaría el patrón neoclásico con la tradición arquitectónica criolla colonial. (Tándem, 2012a, p.17)

No obstante, el hecho de que esta construcción ha resistido hasta nuestros días, durante sus casi 170 años de historia, tal como las construcciones anteriores, ha experimentado una serie de fenómenos y eventos que han afectado a Valparaíso. Es así como en el marco de la guerra con España (1865-1866), buques españoles bombardean Valparaíso, afectando entre otras construcciones a La Matriz, aunque sin grandes daños.

En noviembre del año 1877, la iglesia fue afectada por un incendio, en pleno desarrollo de las liturgias del mes de María. El edificio y los objetos valiosos del templo, fueron salvados gracias al actuar de vecinos y bomberos.

Posteriormente, durante los siglos XX y XXI, fuertes terremotos han dañado la estructura de la Iglesia La Matriz, y sin estar en peligro de derrumbe, sigue siendo utilizada por la comunidad católica de la ciudad completando 454 años de historia.

No existen registros documentados de las intervenciones realizadas en la Iglesia hasta antes del terremoto de 2010, pero existen evidencias de modificaciones que pudieron ser realizadas posteriores a los terremotos del 1971 o del 1985.

Antecedentes Sociales

Su prolongada historia y significado para la comunidad del barrio, situado en torno a la iglesia, y para Valparaíso como un total, llevó a que La Iglesia la Matriz fuera declarada Monumento Nacional en la categoría Monumento Histórico, el 6 de Octubre de 1971 por el D.S N°2412 del Ministerio de Educación. Del mismo modo, el mismo año 1971 y mediante el mismo decreto señalado previamente, toda la zona en torno a La Matriz y el adyacente cerro Santo Domingo fueron declarados Monumento Nacional en la categoría de Zona Típica o Pintoresca (2), debido a las características de sus construcciones (en su mayoría de fines del siglo XIX e inicios del XX) y por su complejo y singular trazado urbano.

Si bien Valparaíso no fue fundada, comenzó a construirse desde su descubrimiento como el puerto de la capital. Con los años, y sobre todo después de la Independencia de Chile, se transformó en la ciudad – puerto del Pacífico Sur.

Valparaíso se fue construyendo a medida de las necesidades, ésta construcción paulatina y no planificada de la ciudad, se fue asentando y acomodando en la geografía, conquistando el mar para su crecimiento como ciudad portuaria y construyendo en la pendiente de los cerros, generando una red de espacios públicos de intrincadas formas, jerarquizados por sus tamaños, y ordenado por sus vistas al mar. Pequeñas calles que surcan los cerros convergen al atrio de La Matriz, cuyo espacio es capaz de acoger las más diversas actividades, desde una procesión religiosa a un campeonato de fútbol, donde además la torre campanario se ha posicionado como un faro para el barrio, un faro desde la perspectiva espacial de ubicación, que por su tamaño y ubicación es reconocible desde varios puntos de la ciudad, pero principalmente de los cerros y quebradas que desembocan a ella, pero también es un faro que ilumina la fuerte condición de barrio, el que converge a la parroquia siendo parte de una comunidad, no siempre religiosa, la que desarrolla el habitar como comunidad en las diversas actividades en torno a la parroquia.

A comienzos del siglo XX inicia el decaimiento del puerto, el auge que en antaño magnificó al barrio y que posicionaba a Valparaíso como el puerto principal del Pacífico Sur, comenzó un paulatino decaimiento lo que produjo un constante deterioro. Si bien en la actualidad, en la ciudad de Valparaíso mantenemos una periferia donde se arraigan los sectores más pobres, el decaimiento paulatino de la ciudad- puerto, el abandono de grandes edificios, la sobreutilización de los inmuebles -que antaño acogían a familias de gran riqueza y ahora están transformados en tugurios-, el mercado puerto cerrado, la demolición de algunas viviendas por la falta de mantención, el deterioro de décadas y los daños del terremoto de febrero de 2010, dejan en evidencia la pobreza arraigada a parte de los barrios históricos, específicamente al barrio puerto. La pobreza se arraigó a Valparaíso como parte del imaginario, constituyéndose en una carga simbólica de la herencia.

Desde la inscripción de la ciudad puerto de Valparaíso en la Lista del Patrimonio Mundial se han realizado diversas acciones, tanto públicas como privadas, por recuperar el patrimonio en decadencia de la ciudad. Junto a esto, un activo movimiento ciudadano en torno a la recuperación, una comunidad opinante en lo que respecta al mejoramiento urbano y al crecimiento de la ciudad y su puerto, contrasta fuertemente con la realidad de aquellos sectores silenciosos, que no participan de este debate y que no se sienten actores en la ciudad patrimonial a pesar de encontrase insertos en ella. Para ellos la importancia del patrimonio no se encuentra arraigada en la riqueza espacial urbana o en la historia de La Matriz, sino que radica en las actividades de la parroquia y la comunidad en torno a la iglesia, que durante años como parte de sus rituales religiosos desarrolla, actividades tales como el comedor 421, donde se dan cenas diarias para quién lo necesite, el cuidado de los enfermos, y tantas actividades que la parroquia ha logrado reunir en torno a las necesidades de un barrio, extremadamente deteriorado física y socialmente.

Antecedentes Arquitectónico – Constructivo

La Iglesia presenta una estructura de muros perimetrales constituidos de bloques de adobe, mientras que su fachada principal corresponde a albañilería de ladrillo simple reforzado con machones de hormigón en sus costados. Ambos tipos de muro están revestidos por estucos y revoques de barro.

Su sistema de techumbre está basado en cerchas de madera, las que se apoyan en los muros de adobe y en las columnas de madera que ocupan la nave central y sostienen la cubierta de tejas y la linterna sobre el presbiterio.

La torre, de estructura original de madera y con refuerzos posteriores de acero (que conforman también la escalera de la torre) se posa sobre la techumbre de madera y el nártex, constituido por una gran masa de hormigón, refuerzo estructural presumiblemente posterior al terremoto de marzo de 1985.

El edificio es un volumen unitario, de tradición colonial en la nave y de expresión neoclásica en la fachada principal. Esta fachada es simétrica, con tres vanos de acceso, coronados por arcos de medio punto, sobre los cuales hay óculos redondos, resaltando el vano y óculo centrales de mayor tamaño. Un tímpano es sostenido por seis pilastras rectas de estilo

dórico, sobre el cual un antetecho escalonado oculta la pendiente de la cubierta. Todo el conjunto de fachada es coronado en su eje por una torre de madera de tres tambores que aloja las campanas en el tambor central y es rodeado por un deambulatorio con 8 columnas dóricas de madera.

Las fachadas oriente y poniente, están marcadas por grandes vanos de acceso con arco de medio punto y pequeñas ventanas con vitrales coloreados. Una cornisa baja de albañilería de ladrillo visto, decora dichas fachadas.

El sobrio interior está conformado por tres naves, la central y principal con cielo abovedado y las laterales con cielos planos, ambos de madera, separados por columnas de madera con unos sencillos capiteles y decoraciones, con una fuerte carga ecléctica de referencias difíciles de determinar.

La arquería que separa las tres naves está conformada por columnas de madera pintada, con basamento clásico y capitel ecléctico de decoración muy sencilla. Sobre los muros perimetrales, los medallones marcan las estaciones del Via Crucis y se componen de una moldura simple y una imagen pintada sobrepuesta en una base de madera. Las cornisas presumiblemente de yeso y madera decoran los arcos. Del mismo modo, la iglesia alberga una serie de imágenes escultóricas policromadas y pinturas siendo la más importante el “Cristo de la Matriz”.

El coro, ubicado en el segundo nivel, se accede por una escalera helicoidal de madera, encerrada en un volumen de madera, cuenta con una sección central en losa de hormigón con pavimento de baldosas y áreas laterales estructuradas en madera y revestimiento de entablado de madera.

Junto a la Iglesia, el conjunto se complementa con la Casa Parroquial, el Atrio y la Plazoleta de la Matriz. La Casa Parroquial es un volumen anexo, que aunque conectado funcional, espacial y estructuralmente con el templo, es evidentemente de data posterior a éste, tanto por sus características constructivas y estilísticas. Ambas unidades (Iglesia y Casa) están adosadas y componen entidades constructivas independientes dentro de un mismo predio.

El Atrio y la Plazoleta en torno al inmueble se compone de dos áreas: el atrio propiamente tal, que antecede a la iglesia, y una extensión que compone la plazuela. Estas plataformas presentan un pronunciado desnivel sur-norte, que reduce la monumentalidad del Atrio en relación al entorno y, a la vez, la conecta más expeditamente con las calles circundantes. Los costados del atrio están delimitados por balaustradas que refuerzan la axialidad frente a la Iglesia, dando el Atrio la suficiente distancia para poner en valor la fachada de principal.(figura 1)

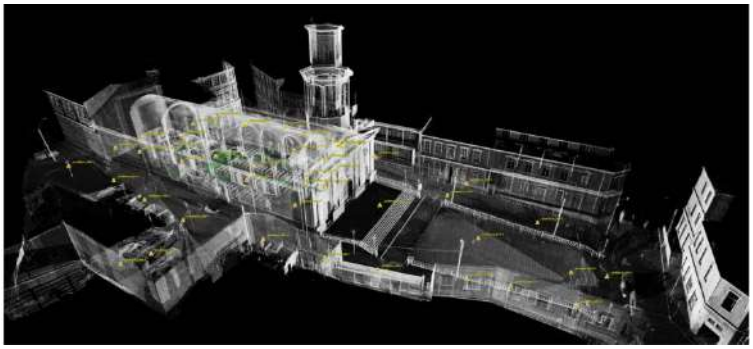


Figura 1. Imagen tridimensional del levantamiento laser

2.2 Resultados del Diagnóstico de la Iglesia

En conocimiento de los antecedentes y definida la metodología, se realizó una evaluación que privilegió el estado estructural del templo y que determinó aquellos sectores más críticos procurando que las obras a realizar fueran suficientes para devolver la estabilidad estructural al Monumento.

A pesar que la evaluación detectó una serie de faenas importantes de realizar, el Cura

Párroco privilegio las actividades relevantes en función de recursos financieros y de las prioridades definidas en los objetivos del estudio. Las actividades a realizar son las siguientes:

Torre campanario: La torre presenta una inclinación visible (fig. 2) y considerable (a partir de la segunda caña y niveles superiores). No existe la certeza si esta inclinación es producto únicamente por efectos del terremoto del 2010, pero de acuerdo a antecedentes históricos, existían problemas previos.

Al momento de analizar la torre, se apreció el mal estado de la cubierta de la cúpula y el desprendimiento de algunos elementos de revestimiento que permitía el paso de agua lluvias. Esto obligó a realizar obras de emergencia entre los meses de marzo y abril de 2012, permitiendo estudiar con más detalle su estado actual.

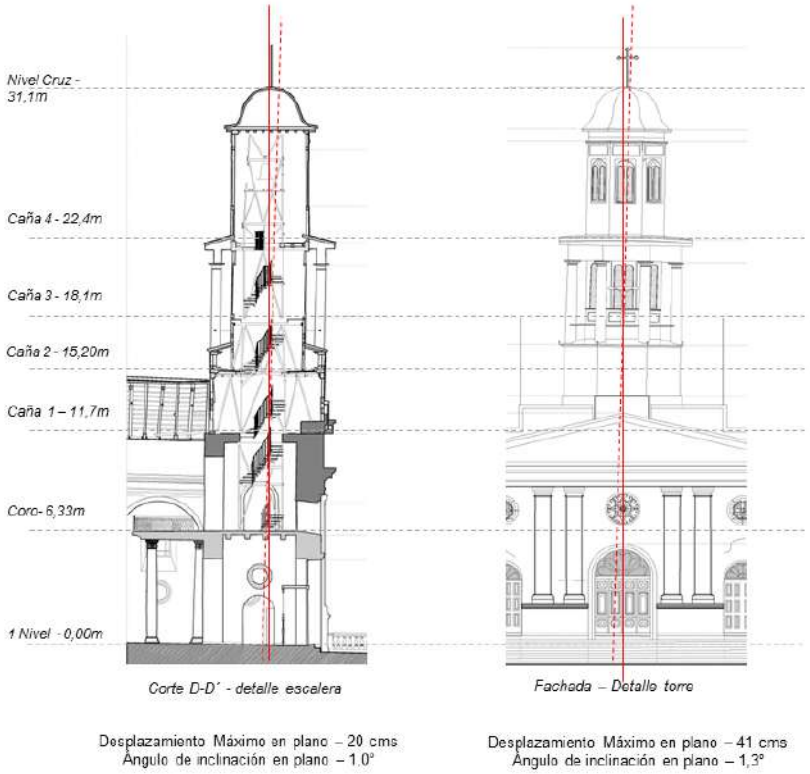


Figura 2. Esquema de desplazamiento de la Torre Campanario

Acorde a lo observado y al estudio de ingeniería, se pudo determinar que la inclinación de la torre no implica un riesgo estructural ya que buena parte del esfuerzo lo hace la estructura metálica interior, determinado así que la torre no presenta riesgo de colapso.

Muros de adobe: A nivel general, los muros no presentan problemas masivos de estabilidad, desaplomes, desalineados ni asentamientos. Por lo cual y por las reparaciones realizadas recientemente, sólo se requeriría de intervenciones puntuales para la consolidación respectiva. En contraste, en el muro testero se observaba la ausencia de traba con los contrafuertes por lo que requeriría intervención puntual de amarre y consolidación entre ambos elementos.

Estructura de techumbre: La estructura de madera se encuentra en estado de conservación regular. Presentando algunas zonas con xilófagos, desangulaciones, torsiones y otras deformaciones propias del uso, del tiempo y de su propia tipología. En este contexto se analizó la posibilidad de levantar la cubierta para generar reemplazos puntuales de piezas dañadas, así como proceder a la consolidación de la estructuración y su afianzamiento a la viga de coronamiento de los muros.

Normalización de instalaciones: Las instalaciones se encuentran en funcionamiento, pero fuera de norma vigente. Existía un conjunto relevante de artefactos y accesorios que, si bien

dan suministro, no entregan las condiciones de serviciabilidad y seguridad necesarios. Por lo anterior, se consultó la normalización de las instalaciones eléctricas, sanitarias y de iluminación.

Normalización de seguridad: El templo no presentaba condiciones de seguridad (por ejemplo frente al fuego) que aseguren su sustentabilidad. Por ello, era necesario normalizar las condiciones del inmueble y su relación con las edificaciones colindantes, para garantizar que el monumento y las obras que se ejecutarán, cumplen con las condiciones de seguridad requeridas.

Habilitación interior: Acorde a los presupuestos y valores patrimoniales, antecedentes y prioridades, se consultó realizar un conjunto de habilitaciones interiores que pueda entregar al templo una serie de prestaciones desde la perspectiva de la iluminación, acústica y confort.

3. PROCESO DE EJECUCIÓN DE OBRAS

3.1 Gestión y administración de recursos del proyecto

En forma previa a la definición de criterios y estrategias de intervención, el CMN solicitó formalmente recursos para la recuperación no solo de la Iglesia sino de numerosos edificios emblemáticos del Sitio de Patrimonio Mundial Área Histórica de la ciudad puerto de Valparaíso al Centro del Patrimonio Mundial de UNESCO, la que acogió la solicitud y por medio del Fondo de Asistencia Internacional otorgó $30.716.586 (US$61.433.-) (3)

Por los escasos recursos reunidos, se postuló el proyecto a los fondos concursables del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA) y gracias a su Programa de Apoyo a la Reconstrucción del Patrimonio Material, se obtuvo un monto de $95.165.000 (US$190.330.-)

Dada la necesidad de contrapartes para postular, y siempre con el objetivo de lograr sumar recursos para lograr una recuperación lo más integral posible, el Programa de Recuperación y Desarrollo Urbano de Valparaíso (PRDUV), dependiente de la Subsecretaria de Desarrollo Regional (SUBDERE) comprometió un aporte inicial de $70.000.000 y posteriormente, en la etapa de ejecución, agregó $54.000.000 que sumaron $124.000.000.- (US$248.000.-), que fue agregado a los aportes de la UNESCO y el CNCA.

Desde el punto de vista de la inversión pública, las experiencias adquiridas en el Programa de Puesta en Valor del Patrimonio (4) indicaban que este tipo de proyecto requería de altos costos de inversión en el desarrollo de proyecto y ejecución. Un gran número de proyectos financiados por este programa tenían una inversión media de US$3.000.000.- En consecuencia y ya que se disponía de fondos inferiores a US$500.000.-, el método de conducción del proyecto exigía contemplar priorizaciones, fases de ejecución y estrategias de inversión equilibrada y proporcional entre la etapa de diseño y la ejecución de las obras.

Desde la mirada de la administración del proyecto, cada fondo reunido exigió convenios de cooperación y rendiciones presupuestarias que en algunos casos eran mensuales, para el caso del CNCA, y en otros exigía informes anuales, como fue el caso de UNESCO. Asimismo, no siempre se tuvo a disposición la totalidad de los fondos ya que, en el caso del PRDUV, solo depositaba los fondos cuando eran rendidas las actividades exigidas. Esta variable entorpecía y burocratizaba la relativa rapidez del CMN para ejecutar y pagar las obras que realizaba.

Con la claridad del panorama administrativo, el CMN licitó públicamente la elaboración del “Diseño del Proyecto de Reparación y Consolidación Estructural de la Iglesia de La Matriz de Valparaíso”, que se adjudicó por un monto de US$91.437.- El diseño abarcó el diagnóstico del estado estructural de la Iglesia, con los resultados anteriormente mencionados, con el cual se desarrolló un completo proyecto de reparación y consolidación estructural. Esta actividad se prolongó por 5 meses aproximadamente. En paralelo a estas acciones, se ejecutaron obras de emergencia por un monto de US$11.611.-

3.2 Ejecución de obras

Posteriormente, se licitaron la ejecución de las obras por un monto de US$392.000.- Las obras se prolongaron por 110 días y fue necesario contratar una asistencia técnica de obras para fiscalizar el proceso de ejecución de las faenas. Estas obras comprendieron las siguientes actividades:

a. Reparación del muro testero: Se consideró que el muro Testero era la zona con mayor compromiso estructural de la iglesia. Producto, fundamentalmente del sismo de 2010, la estructura de adobe que lo compone presenta grietas, daños en su parte superior, y más grave aún, los contrafuertes que lo acompañan han perdido el trabe con el muro (Tándem, 2012b, p,5). La intervención consistió en el retiro de todos los revoques y estucos del muro, el desmontaje de la parte superior de la albañilería de adobe, tanto del muro como los contrafuertes, para luego ser reconstruida. El amarre entre estos dos componentes fue por medio de anclajes de acero. Esta partida se redujo debido a que al retirar los estucos se evidenció el buen estado y mejores condiciones de lo observado en el estuco al momento del diagnóstico. Por lo cual, solo fue necesario desmontar y amarra el muro con sus contenciones en la parte superior. Finalmente, el total del muro fue reforzado con geomalla.

b. Reparación estructural de techumbre de cubierta: El estudio de xilófagos, el análisis de estructuras y la verificación visual, indicaban que el daño en las estructuras de techumbre no es generalizado y no reviste carácter de urgente. Se determinó que la zona más dañada corresponde a la sección posterior de la cubierta, desde la Linterna hasta la zona posterior de la cubierta (“cola de pato”). El origen de estos daños está fundamentalmente provocado por las filtraciones de agua desde la linterna y la pérdida de estabilidad en el apoyo que da el muro testero. Se procedió al desmontaje de las tejas y al retiro de las estructuras de madera más dañadas y su remplazo por piezas de similar calidad y dimensiones, según diseño de cálculo estructural. (Tándem, 2012b, p.5)

c. Reconstrucción de la linterna: La Linterna sobre el Presbiterio, constituye uno de los elementos más característicos de la Iglesia de la Matriz, tanto como fuente de luz para el interior, como en la percepción que desde los cerros se tiene de la Iglesia. Su estudio demostró que presentaba problemas de estanqueidad que no sólo han dañado a la propia linterna, han afectado también a las estructuras, especialmente de madera, aledañas a ella. Se planteó en el proyecto, el completo desarme de este elemento y su reposición, preservando los elementos originales no dañados y el remplazo de aquellos que no se puedan recuperar, tomando las precaución de ciertos refuerzos estructurales y nuevos elementos que garanticen su impermeabilidad. (Tándem, 2012b, p.5)

d. Reparación localizada de la torre campanario: Aparentemente, en la Torre Campanario se reconoce fácilmente su inclinación y torcedura pero el estudio más profundo de este cuerpo, nos muestra que su daño es más bien estético, aunque presentaba filtraciones de agua lluvia y daños en elementos de revestimiento. Presumiblemente post terremoto de 1985, se realizaron tareas de reforzamiento de la Torre, incorporando interiormente una estructura de perfiles metálicos, la que sosteniendo la escalera que recorre su interior, es el esqueleto principal de la torre, dejando la estructura y revestimientos de madera exteriores, como una piel sin mayor compromiso estructural. Por lo anterior se procedió a la reparación de este revestimiento, el remplazo de las piezas dañadas o faltantes, y ha recomponer la estanqueidad de la torre. Cabe señalar en este punto, que en las obras de emergencia de la torre, además de retirar los elementos dañados, proteger la cúpula y preservar la seguridad de los vecinos del sector, permitió hacer un levantamiento y estudio acabado de una de los elementos principales de la Iglesia y constatar la veracidad de lo indicado anteriormente (Tándem, 2012b, p.6). Las obras permitieron instalar un revestimiento de cobre para la cubierta de la cúpula. (figura 3)

Figura 3. Reparación de revestimiento e instalación de cúpula de cobre en la Torre Campanario.

e. Reparación de muros laterales, norte y sur: Los muros laterales, de adobe, no han sufrido mayores daños con el último terremoto, presentaban algunas grietas y fisuras, junto con el desprendimiento de algunos estucos por motivos de filtraciones de aguas lluvias detectadas en la cubierta de tejas (Tándem, 2012b, pag 6). Se reparó cuidadosamente, retirando revoques y estucos en sectores humedecidos, se dejó secar naturalmente el muro y se repararon todas las grietas y fisuras.

f. Reparación muro fachada principal: La fachada estaba en bastante buen estado y se aprovecharon las obras para reforzar algunas fisuras que presentaba.

g. Intervención en puertas: En la etapa de diseño, se señaló una serie de medidas tendientes a garantizar tanto la seguridad como la accesibilidad de la Iglesia, de acuerdo a la normativa vigente. Ateniéndose a la disponibilidad de recursos, se optó por optimizar las vías de escape existentes. Las puertas de la Iglesia tienen problemas en su operación, producto del desgaste de sus piezas, el óxido y la humedad. Casi todas están descuadradas y han perdido parte de sus componentes (Tándem, 2012b, p 6-7). El proyecto planteó mejorar la quincallería y elementos de la carpintería de madera dañadas, dejándolas completamente operativas, aunque sin invertir aún el sentido de apertura.

h. Pinturas: Existían variados antecedentes de los colores que la Iglesia de la Matriz ha tenido a lo largo de su historia, los que no han sido constantes, pasando por una variada gama. La reiterada sustitución de estucos, tampoco permitió hacer una estratigrafía de dicha historia. Así, se optó por una propuesta que es entendida como una sucesión más de propuestas cromáticas y que buscó, por un lado realzar los distintos elementos arquitectónicos y decorativos, tanto interiores como exteriores, a la vez que, en un contexto cargado de color, la Iglesia de la Matriz aparezca dentro de una gama unitaria y sobria, reforzando la individualidad del Monumento en su entorno (Tándem, 2012b, p. 7) (figura 4).

i. Instalaciones eléctricas: Se decidió poner en norma las instalaciones existentes, de modo de reducir riesgos de incendios por cortocircuitos o similares y garantizar una correcta operatividad de los mismos (Tándem, 2012b, p.7).

Al momento de realizar estas actividades, fue necesario ejecutar las siguientes obras

extraordinarias:

I. Velatorio: Antes de efectuar las obras, este recinto era utilizado como bodega. Al ser intervenida la estructura de techumbre y recuperar estructuralmente el muro testero, se descubrió, sobre el entablado de cielo, una ventana circular que permitía el acceso de luz. Por lo cual y para su puesta en valor, se construyó un nuevo cielo que permitiese la iluminación natural y se recuperó el pavimento de madera (figura 5). (Tándem, 2012c, p.42-43)

II. Escalera de la torre: La estructura metálica de la escalera presentaba óxido sin observarse corrosión en sus componentes. Por lo que se aplicó una película antióxido protectora del metal. (Tándem, 2012c, p.53-55).

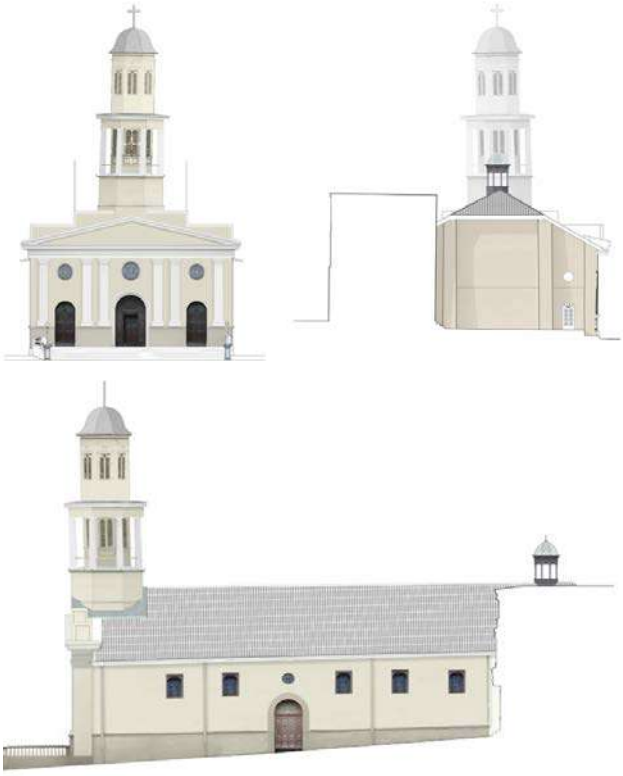


Figura 4. Proyecto de color para fachadas norte, oriente y poniente

Figura 5. Proceso de rehabilitación de velatorio

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A pesar de los recursos limitados, el proyecto estableció una adecuada estrategia de intervención equilibrando lineamientos teóricos, técnicos y administrativos, y además, comprobó la capacidad de gestión y coordinación administrativa del CMN frente a instituciones de distinto origen y propósitos. Se cumplieron los plazos en la ejecución de obras aunque la rendición administrativa, al ser financiada por más de una institución, se prolongo más de lo esperado.

El proyecto de reparación y consolidación de este templo, ha sido ocasión para percibir con toda claridad la relación de la población más vulnerable con la temática del patrimonio, y sus profundas complejidades. En este contexto, la función de la Parroquia fue clave en la participación de la comunidad respecto al proceso del proyecto, tanto así, que el templo nunca cerró ni suspendió sus actividades.

En complemento, la activa participación del Cura Parroco, en la toma de decisiones y en las estrategias del proyecto potenciaron la intervención aumentando los limites de la consolidación a la estructura social del barrio. Consecuentemente, la parroquia ha constituido una corporación que se preocupa por reconocer y construir los sueños de la comunidad en torno a su barrio. La frase que los identifica es "del Patrimonio de la Humanidad, a la Humanidad del Patrimonio", pues lo que buscan es una reconversión urbana desde la promoción humana, es decir, que incorpore a todos y todas.

Las variables en intervenciones de edificios preexistentes exigen flexibilidad en presupuestos y en los procesos constructivos. Estas variables o imponderables no siempre se pueden solucionar con el estricto sistema de licitación y contratos que rige al aparato público. En este caso, los imponderables de obra se resolvieron en función de mejorar el estado de conservación del edificio pero esto, en temas administrativos, complejizó las rendiciones financieras y aumento el plazo cierre contable del proyecto.

Finalmente, esta intervención comprobó, desde la administración de la inversión pública, la factibilidad de ejecutar proyectos patrimoniales con recursos acotados y obtener resultados óptimos en cuando a revertir situaciones de deterioro y mejorar la imagen de un barrio sin ser expresamente una política de estrategia territorial. Asimismo, este tipo de operaciones plantea una nueva mirada de encauzar los recursos estatales en proyectos patrimoniales en función del término del Programa de Puesta en Valor del Patrimonio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Monjo, J. (1999). *La patología y los estudios patológicos. Tratado de Rehabilitación, Tomo 2: Metodología de la restauración y de la rehabilitación*. Madrid. (España). Editorial Munilla-Lería, pp 105-124.

Tándem (2012a). *Memoria explicativa – Etapa de Diagnóstico: Proyecto de Reparación y Consolidación Estructural de la Iglesia de la Matriz de Valparaíso.* Santiago (Chile). Editor CMN, pp 1-33.

Tándem (2012b). *Memoria explicativa – Etapa de Proyecto. Proyecto de Reparación y Consolidación Estructural de la Iglesia de la Matriz de Valparaíso.* Santiago (Chile). Editor CMN, pp 5-8.

Tándem (2012c). *Informe Final – Asistencia Técnica de Obras. Proyecto de Reparación y Consolidación Estructural de la Iglesia de la Matriz de Valparaíso.* Santiago (Chile). Editor CMN, pp 1-59.

Notas

(1) Categoría de la Ley Nº 17.288 de Monumentos Nacionales de la República de Chile. Son bienes de tipo inmueble o mueble que por su valor han sido protegidos. Bajo esta categoría se cuentan edificios, documentos, declaraciones genéricas, sitios, objetos como buses y trenes, etc.

(2) Categoría de la Ley Nº 17.288 de Monumentos Nacionales de la República de Chile. Son conjuntos urbanos o rurales, entornos de monumentos históricos cuyo valor ambiental se debe preservar.

(3) Se consideró el dólar americano con un valor de $500.-

(4) Préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que es administrado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE) dependiente del Ministerio de Hacienda, la cual posee el Programa de Puesta en Valor (PPV) que está destinado a recuperar inmuebles declarados Monumento Nacional en la categoría de Monumento Histórico de propiedad pública o privada sin fines de lucro.

Currículo

Mauricio Sánchez Faúndez. Arquitecto de la Secretaria Ejecutiva del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN), Master en Restauración Arquitectónica. Encargado de la ejecución de obras y de los Fondos de Emergencia, y representante CMN en el Comité de Construcción Patrimonial. Profesor del Postitulo de Conservación y Restauración de la Universidad de Chile.

María José Larrondo Pulgar. Arquitecta, Coordinadora Regional Comisión Asesora de Monumentos Nacionales de la Región de Valparaíso – CMN. Actualmente, cursa Magister en Arquitectura, Ciudad y Territorio en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Tecnología e innovación en la construcción con tierra

SUELO CALICHAL COMO RECURSO PARA LA HABITABILIDAD. EL CASO DE PAMPA UNIÓN CANTÓN CENTRAL, REGIÓN DE ANTOFAGASTA, CHILE

Sergio Alfaro, Wagner Fleming, Suyín Chau

Escuela de Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica del Norte
Avenida Angamos 610 Antofagasta Chile Tel. 055 355390
salfaro@ucn.cl; wfleming@ucn.cl; schau@suyinchau.cl

Palabras claves: suelo calichal, costrón, arquitectura salitrera

Resumen

Este artículo tiene como propósito la revalorización tecnológica del suelo calichal como un recurso local conocido bajo la denominación de "costrón", la revalorización de este recurso natural pudiese estar orientada al desarrollo de futuras aplicaciones contemporáneas del uso de tecnologías olvidadas con el uso de la tierra cruda, ya sea para recuperar el patrimonio arquitectónico local de la Pampa salitrera, o para incorporar valor agregado a soluciones constructivas que permitan la innovación tecnológica utilizando un recurso abundante y disponible en esta región.

Para contextualizar esta tesis se presenta como caso de estudio las Ruinas de Pampa Unión, en Chile, ya que es un ejemplo que permitiría relacionar la tecnología de los procesos extractivos de los recursos de explotación y su adaptación a los procesos de construcción.

Pampa Unión cuenta desde 1990 la categoría de monumento histórico, actualmente presenta un deplorable estado de abandono material, que no se condice con el valioso legado histórico que aún se encuentra en los vestigios de la infraestructura que poseía.

El denominado "costrón", se obtenía como un material secundario del proceso de extracción del salitre natural conocido como "caliche", sus aplicaciones fueron múltiples, desde simples muros mampuestos conglomerados por un mortero de tierra y agua, rico en sales que finalmente lograba la cohesión del muro como una pieza monolítica producto de un proceso natural de cristalización de sus componentes más finos.

Para verificar la eficacia y características singulares de este recurso natural como material constructivo, se presenta los resultados de una investigación de campo y experimental de laboratorio que aporta datos objetivos para establecer comparaciones de este material con otros conocidos, respecto de sus características físicas, propiedades mecánicas, ventajas y limitaciones para su utilización.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Un recurso abundante y disponible localmente como el Caliche a través del costrón, constituye una oportunidad para evaluar la posibilidad de considerar este recurso mineral como un recurso constructivo posible de ser incorporado en procesos de edificación contemporáneo, considerando los resguardos que la normativa de construcción permita para asumir su uso constructivo, la investigación propone obtener valores de su comportamiento a la compresión que permitan ser contrastados con su resistencia a la tracción y a partir de esta evaluación considerar la posibilidad de realizar una combinación híbrida entre el costrón y materiales resistentes a la tracción para plantear un ámbito de investigación y exploración como sistema constructivo que permita cumplir con altas exigencias sismo resistente.

El actual estado de degradación material de la Oficina de Servicio Pampa Unión plantea un desafío de conservación que ha sido poco considerado dentro de las actuales acciones que deberían emprender las instituciones garantes de la conservación del patrimonio arquitectónico regional, existe una escasez de antecedentes de registro de estas ruinas, que impiden conocer evaluar y resguardar este patrimonio único en la Región de Antofagasta, su

degradación material está condicionada a una excesiva exposición a visitantes ocasionales y de inescrupulosos que transitan entre Antofagasta y Calama utilizando este monumento Histórico como lugar de acopio de desechos.

Las carentes intervenciones orientadas a la salvaguarda del patrimonio local provoca pensar en la búsqueda de una alternativa de protección que haga realmente factible su preservación siendo allí cuando surge la necesidad de abordarlo desde una mirada sustentable y sostenible, cuestión con la que cobra una inconmensurable importancia el particular interés de esta ruina consistente en las diversas manifestaciones del uso del suelo calichal como un recurso para el habitar.

1.2 Estado del arte

En la Región de Antofagasta existe una utilización focalizada de la tierra cruda como material de construcción, ejemplo de ello es el uso contemporáneo o tradicional que se le da a este recurso material en la localidad de San Pedro de Atacama, pero también existe el uso activo del patrimonio arquitectónico que actualmente se habita y utiliza en la oficina Salitrera de María Elena, uno de las pocas salitreras que aún se encuentran en funcionamiento y albergan un número significativo de habitantes donde gran parte de la infraestructura habitacional que allí se encuentra está materializada en base a sistemas constructivos que emplearon el costrón, el adobe o el tapial reforzado como sistemas constructivos principales.

El terremoto del 2007 afectó especialmente la ciudad de María Elena, la que estuvo en riesgo de desaparecer completamente, pero que gracias a su pronta declaración como Zona Típica, ha sido protegida y la mayoría de sus edificios emblemáticos han sido restaurados.

En el caso de San Pedro de Atacama la existencia de la zona típica de este poblado obliga a conservar y proteger las características formales y constructivas derivadas del uso del adobe como material preponderante en dicho poblado.

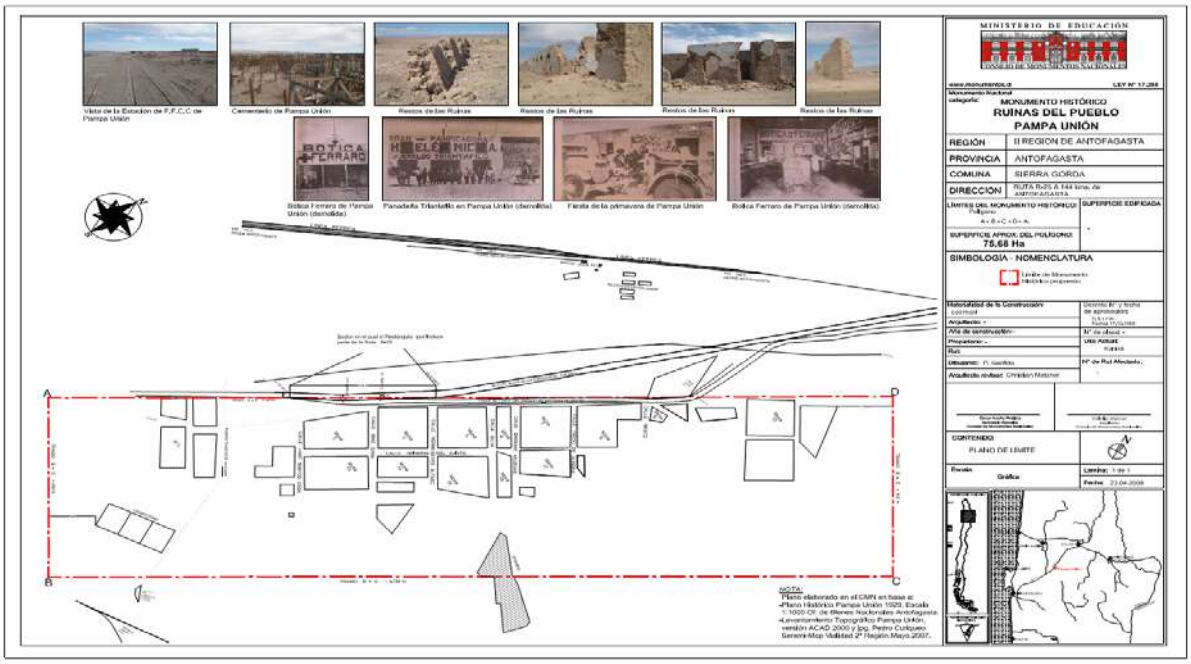


Figura 1: Plano de Límite área de protección del Monumento Histórico Ruinas del Pueblo Pampa Unión, CMN, 23.04.2008. Fuente: www.monumentosnacionales.cl

Existe también en la región un patrimonio en estado de ruina material que no ha recibido más que acciones de resguardo que se han materializado a través de las declaratorias de protección que el Consejo de Monumentos Nacionales ha decidido establecer, tal es el caso de los vestigios del patrimonio arquitectónico del Pueblo Salitrero de Pampa Unión, reconocido como Monumento Histórico y denominado como Ruinas del Pueblo Pampa

Unión, según Decreto Supremo D.S: 716 con fecha 17.10.1990 y consignado en plano de propuesta de límite de Monumento Histórico con fecha 23.04.2008.

El caso expuesto constituye un ejemplo único dentro del contexto de los vestigios existentes de otras Oficinas Salitreras que también están en condiciones de ruina y forman parte del Cantón Central de explotación Salitrera de la Región de Antofagasta y que no han recibido ningún grado de protección y tampoco declaratoria de protección.

1.3 Objetivos

El objetivo general de la investigación consiste en la divulgación de las cualidades y características de un recurso que no ha sido estudiado sistemáticamente para considerar estas cualidades como posibles de ser manejadas en propuestas contemporáneas de recuperación patrimonial o el desarrollo de obras nuevas con el uso del costrón momo material secundario.

Objetivos específicos:

- Establecer los nexos entre la producción extractiva del salitre y la adaptación a los procesos de construcción de pueblos campamentos.
- Definir los tipos constructivos que utilizaban el costrón como material principal.
- Determinar las caracteríscas tipológicas de las edificaciones construidas con este material.
- Establecer las características físicas, propiedades mecánicas, ventajas y limitaciones del costrón para su utilización.

2. PREMISAS CONCEPTUALES

En la materialización de los poblados de la pampa salitrera del Norte de Chile existiría una fuerte conexión entre la tecnología de los procesos extractivos de los recursos de explotación y su adaptación a los procesos de construcción de estos pueblos campamentos, uno de los ejemplos más estudiados que permitirían sostener esta tesis sería el caso de la oficina salitrera María Elena, donde *… los diseños existentes del poblado deben ser entendidos como productos de la transculturación e hibridación de las normas de diseño* (Morera en Alonso., 2012, p.114), existiría otro argumento que validaría la relación entre producción y construcción al establecer que la rapidez en la fundación de la oficina salitrera exigiría el ajuste de los estilos importados, el surgimiento de soluciones locales y diálogos culturales.

Otro argumento que permitiría sostener la relación entre el proceso de producción, el uso de una tecnología adaptada de construcción y la inversión, estaría condicionada a la escala de la explotación en función de la duración limitada de los terrenos de beneficio, …e*sta causa ha determinado la construcción de campamentos ligeros, tanto bajo el punto de vista del capital empleado, como sus comodidades en conjunto* (Macuer, 1930, p.238), en este mismo contexto se argumentaba que la disposición aislada de los campamentos se debía razones de diseminación de los suelos ricos en nitrato, cuando cambia la política industrial de explotación y se mejoran las condiciones de transporte, se opta por la concentración de la elaboración en pocas plantas de gran capacidad, esta razón significó un mejoramiento de la calidad habitacional en la oficinas salitreras.

En 1930 la modernidad implicaba una sustitución de la materialidad ligera de los campamentos salitreros construidos en base chapa de acero ondulado por materiales de tierra cruda o concreto, l*a casa de calamina, que en años pasados constituía el prototipo de la habitación pampina ha sido reemplazada por la moderna construcción de concreto o adobe cuya superioridad es indiscutible* (Macuer, 1930, p.238). Respecto del abobe se indicaba que éstos eran hechos con material encontrado en los alrededores de las Oficinas.

3. METODOLOGÍA

La investigación se sostiene aproximaciones directas e indirectas sobre el caso de estudio para poder caracterizar su naturaleza arquitectónica, funcional y constructiva para ello se procedió a realizar los siguientes pasos:

a) Observación y descripción del caso de estudio mediante visitas sucesivas, para realizar un relevamiento de los actuales vestigios de Pampa Unión, su estado de conservación material actual.

b) Recopilación bibliográfica en fuentes indirectas, que permitieran pesquisar las características arquitectónicas, tipológicas, edificatorias, constructivas, particularidades y funcionamiento del asentamiento como oficina de servicio.

c) Recopilación bibliográfica en fuentes indirectas, que permitieran conocer el proceso de extracción y obtención del costrón.

d) Aproximación empírica del comportamiento del “costrón” mediante la realización de ensayes, análisis y evaluación de resultados de sus propiedades mecánicas.

4. ASENTAMIENTOS SALITREROS

Como es sabido todos los yacimientos salitreros se encuentran en el norte de Chile y sur de Perú. El nitrato de sodio se encuentra en todo el territorio caracterizado por su aridez específicamente en la depresión intermedia: Esta área geomorfológica, en tanto, corresponde a una planicie desértica originada por hundimientos en la corteza terrestre y rellenada luego por la erosión proveniente de la Cordillera de Los Andes (Instituto, 1970).

La depresión intermedia representada por el denominado Desierto de Atacama se extiende desde Arica a Copiapó contando con una superficie de unos aproximados 105.000 km^2.

En cuanto al caliche, muchas son las teorías que vienen siendo desarrolladas por geólogos respecto del origen del nitrato de sodio, pasando de ser producto de la descomposición por fermentación de algas marinas, hasta de que es resultado de la destilación por acción volcánica de yacimientos carboníferos y primarios que se encuentran en la Cordillera de los Andes.

La zona, rica en minerales, estaba compuesta principalmente por caliche, conocido ya por los indígenas que habitaban todo el territorio andino ocupándolo como abono para sus plantaciones de maíz, trigo y papas. A pesar de lo beneficioso que era para sus cultivos no fue explotado masivamente por estas culturas debido a que compartían el abono de sus tierras con el guano que era sacado de las costas y principalmente por lo difícil de era su extracción.

La explotación salitrera tuvo lugar en el pie de monte oriente de la Cordillera de la Costa, donde están los mantos calicheros, entre las latitudes 19° y 25° S.

El nitrato no existe en ningún otro lugar en tal extensión geográfica y concentración, por lo que su extracción y producción tuvo lugar en toda la pampa, haciendo predecible que una vez conocidas sus cualidades como abono y como pólvora se iniciaría una ocupación del desierto que terminaría transformando el paisaje desértico en un paisaje poblado. Esto por el interés evidente que tendrían las tierras para muchos capitalistas chilenos y extranjeros, en especial ingleses y norteamericanos, por el potencial económico que tenía su explotación. Se genera así una ocupación territorial compuesta por ciudades campamento directamente vinculadas a las fuentes de explotación, conformando una red conectada por un sistema ferroviario que remataba en las ciudades puertos donde se desembarcaba el producto. Las Oficinas Salitreras, las estaciones de ferrocarriles y algunos pueblos, en conjunto influenciaron directamente el quehacer en la costa, puertos, caletas y valles precordilleranos de toda la región.

El interés por venir a explorar y explotar las zonas se explica por la mentalidad emprendedora propia del siglo XIX, por los avances tecnológicos de la era industrial, por la ampliación del mercado mundial y por la extensión de los intercambios globales. En términos económicos, la explotación del salitre para Chile tuvo una enorme relevancia, dado que su economía en gran parte dependió por más de 50 años (1880-1930) de la riqueza generada por esta industria; también fue de vital importancia para Norteamérica y Europa, cuya producción agrícola intensiva se desarrolló gracias a este recurso.

Ya para principios del siglo XX, en la zona llegaron a existir más de 130 salitreras que operaban simultáneamente.

Pero las influencias de la revolución industrial no sólo se vieron reflejadas en la cultura empresarial traída y aplicada en la zona, sino también en la planificación y posterior construcción de cada asentamiento. Por consiguiente la premisa siempre fue el concretar de la manera más rápida y fácil, concibiendo con antelación su construcción como sistemas prefabricados entremezclados con la utilización de recursos disponibles en la zona.

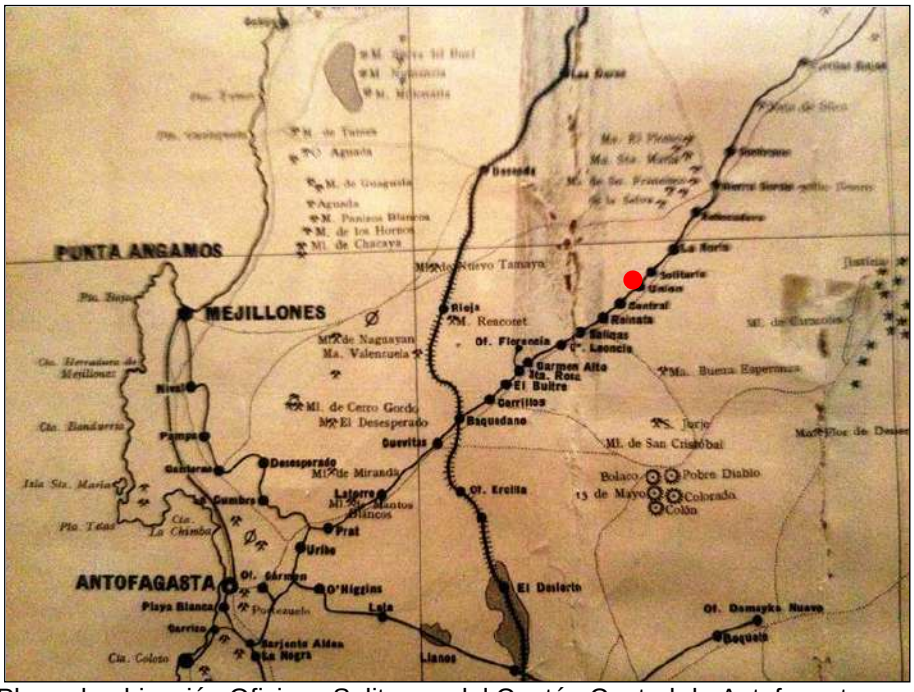


Figura 2: Plano de ubicación Oficinas Salitreras del Cantón Central de Antofagasta, con punto en color rojo se indica localización de la Estación Unión, Cercana al Poblado Pampa Unión. Fuente: Museo FCAB, Antofagasta.

4.1 Las ciudades salitreras

Cada ciudad salitrera era un complejo urbano industrial compuesto básicamente por un sector residencial que albergó a empleados, jefes y obreros, un sector industrial y un sector de equipamiento que acogía las necesidades básicas de sus habitantes. Su estructura obedecía al patrón productivo que diera su origen, y por consiguiente su concreción se realizó planificadamente imponiendo un orden preciso de distribución de las actividades urbanas implicando con ello un montaje o construcción también planificada, privilegiando un proceso constructivo que implicara economía de tiempos y recursos.

…Las oficinas salitreras se entendieron como medio de producción, razón por la cual el conjunto urbano completo estaba al servicio de labores industriales. El Trazado presentaba una organización regular, distribuyendo manzanas de forma predominante rectangular y dimensiones más reducidas que la manzana tradicional chilena, en atención al tamaño, tipología, y forma de agrupación de las viviendas. Las calles, normalmente ortogonales entre sí, tenían medidas que fluctuaban entre 15 y 20 m de ancho, de tierra apisonada, flanqueadas por portales de cañizo para sombra. Su importancia relativa dependía del uso y posición respecto de la industria y los equipamientos. El área industrial

> *fue la instancia funcional clave, al mismo tiempo que sus instalaciones representaron los hechos morfológicamente más destacados. Compartían esta área diversos elementos, entre los cuales predominaba el galpón industrial…* (Garcés, 1999, p.39)

Por esa razón, surgen asentamientos en su mayoría construidos con materiales que implicaran facilidad de montaje, aprovechando los avances tecnológicos de la época. En las obras de mayor envergadura se da el uso del acero, y en algunos casos muy específicos se trabaja el hormigón.

Se hace uso de las maderas, traídas como lastre de barcos, las planchas de fierro o calaminas y el barro mezclado muchas veces con los ripios de las tortas. El sistema constructivo fue, especialmente en las construcciones más antiguas, de madera, de armado rápido, con carpinteros provenientes del extranjero. Respondiendo a la necesidad de mitigar la incidencia del fuerte sol del desierto, destacan como elementos conformadores de la estructura espacial y significativa los sombreaderos, que dan muestra no sólo de adaptación al medio, sino de una particular forma de trabajar la madera con la caña disponible en sus inmediaciones.

4.2 Pampa Unión

> *…El cantón central estaba ubicado en el valle que se interna en dirección noreste hacia la ciudad de Calama, de una extensión cercana a los 90 km. El cantón quedaba definido al poniente por la estación y pueblo Baquedano, en el km 96 del ferrocarril, y al oriente por la estación y pueblo de Sierra Gorda, actual capital de la comuna, en el kilómetro 171. Se destacaba también la estación y pueblo de Pampa Unión, hoy abandonado y prácticamente desaparecido, km 144…* (Garcés, 1999, p.37)

Pampa Unión perteneciente al Cantón Central es parte de la estructura salitrera, aunque no se configura como una cuidad salitrera tradicional de patrones industriales, debe su origen al interés particular de un médico porteño que tenía como meta generar un lugar que prestara las atenciones necesarias a los trabajadores salitreros ente la emergencia, dado las largas distancias que éstos debían recorrer en caso de accidentes hasta los puntos de atención por salud. *Sus calles eran de tierra y en las principales existían corredores techados de madera.* (http://www.albumdesierto.cl/p_union.htm)

La perseverancia del Dr. Lautaro Ponce Arellano, se vio premiada cuando pudo finalmente obtener la concesión de un sitio para construir un sanatorio, el que una vez entrado en operación atrajo comerciantes que se instalaron en las afueras de éste dando de ese modo origen a la tradición comercial del poblado que con el tiempo paso a consolidar una estructura de intercambio comercial que abastecía todo el conglomerado de las salitreras del cantón.

> *La ciudad de Pampa Unión es una de las más importantes de las situadas en el corazón de la pampa salitrera de Chile. El comercio y la industria han obtenido un singular desenvolvimiento, por afluir a ella la demanda de mucho de los artículos, que consumen las poblaciones de las oficinas salitreras* (Chile en Sevilla, 1929, p.61)

Así el lugar que se desarrolló como un poblado de servicios a los mineros, se fue estructurando a la manera de sus propietarios, todos particulares interesados en obtener frutos económicos con la explotación de sus negocios instalados en el lugar lo que incide en la materialización de sus negocios y de sus viviendas, primando la racionalización de la inversión que demandaba su instalación.

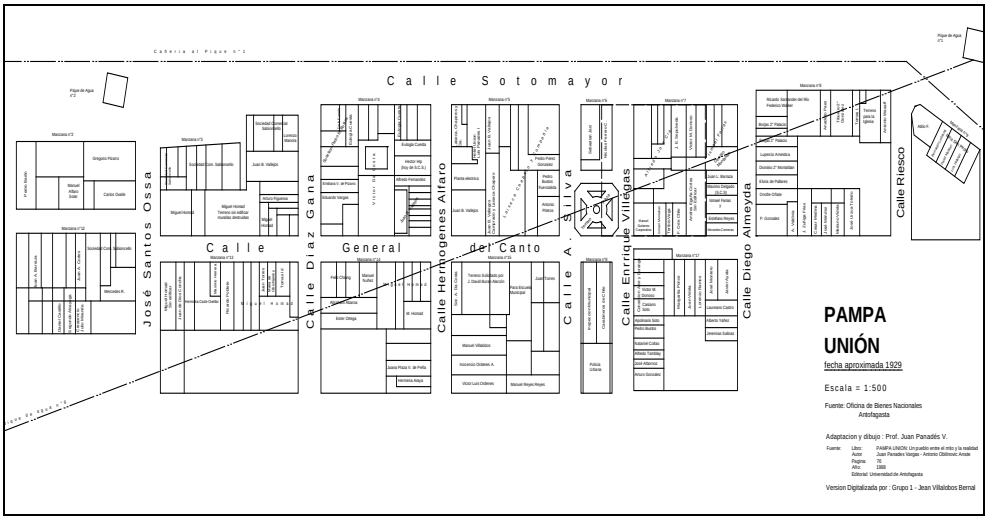


Figura 3: Plano de Concesiones Pampa Unión, adaptación del Plano de Bienes Nacionales de 1929 (Panadés; Obilinovic, 1989)

De esto surge como una medida mitigatoria en la optimización del uso de los recursos el trabajar con lo disponible. El bajo costo que implicaba la reutilización del lastre del salitre que se encontraba en la superficie del suelo de la pampa, permitió construir de manera sólida, con resguardos ante la rigurosidad del clima (las altas temperaturas del día y las bajas de la noche). Aparece la madera como el otro recurso que aunque no disponible se podía contar con ella debido a que era el producto que era regularmente traído para la edificación de las salitreras. Este se utilizaba principalmente en las techumbres como estructura soportante y en los corredores.

5. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

Las aplicaciones del costrón fueron múltiples, desde simples muros mampuestos conglomerados por un mortero de tierra y agua, rico en sales, que finalmente logra la cohesión del muro como una pieza monolítica a través de la cristalización de sus componentes más finos. Otras aplicaciones observadas en Pampa Unión consistieron es el uso del tapial con suelo calichal fino confinado entre moldajes de plancha corrugada ondulada, que servía de moldaje para la construcción de muros y cerramientos en viviendas o edificios de servicio. También se observan combinaciones de sistemas constructivos que integran la amplia tradición del uso de entramados tipo "ballom framing" adosados a muros monolíticos en base a la técnica del mampuesto de “costrón”.

En términos de materialidad, las edificaciones fueron construidas principalmente en base a madera, concreto, calamina y las más modernas con hormigón armado.

> *La casa de calamina, que en años pasados construía el prototipo de la habitación pampina, ha sido reemplazada por la moderna construcción de concreto o adobe, cuya superioridad es indiscutible* (Macuer, 1930, p.238).

- Estructura de madera y revestimiento de calamina: construcción muy precaria generalmente destinadas a obreros o construcciones de menor orden y/o provisorias: Cocinas, letrinas, etc. Consiste en estructuras y revestimiento de muros en madera de pino oregón y cubiertas de calamina.
- Estructura de madera, relleno de barro con caña y revestimiento exterior de calamina: estructuras de madera conformando una estructura de pie derechos y montantes tipo *Balloom Frame* y masa de barro o “concreto pampino” entre elementos como relleno adherido a una malla metálica. En algunos casos se colocaba entremedio del primer revoque una tela tipo arpillera. Finalmente se utilizaba un revestimiento de calamina. Cabe destacar, en este caso, que el revestimiento denominado “concreto pampino”, es una especie de hormigón obtenido de la mezcla de tierras de la zona y en algunos

casos con añadiduras de cemento además de ripios provenientes de los desechos industriales.

- Obra gruesa en Costrón. Este recurso fue utilizado fuertemente en el poblado de Pampa Unión y los modos de utilizarlo han sido como relleno en un sistema perfilado al modo de Ballon Frame, como mampuesto. Los muros pueden alcanzar alturas significativas en tal caso se utilizaron contrafuertes para evitar volcamientos y aumentar su resistencia axial.

Figura 4: izquierda, fotografía de la época salitrera que muestra las características del proceso constructivo en obra gruesa, el basamento del corredor está construido con bloques de costrón mientras que en las paredes se aprecian aparejos de adobe. Fuente: registro fotográfico ubicado en Teatro Oficina Chacabuco, Antofagasta.

Figura 5: derecha, muestra muro de costrón con vestigios de estructura exterior adosada de balloom framing. Fuente: registro propio, Pampa Unión 2012

La versatilidad constructiva de este recurso se refleja en la capacidad de adaptarse a los distintos requerimientos dimensionales y solicitaciones estructurales que proponía la vida pampina, como sistema constructivo permitía distintos tipos de acabado, pudiendo recibir revoque de la mezcla del mismo material con otros componentes finos, e inclusive ser capaz de recibir color a través de pinturas en base a cal, o asumir texturas variadas capaces de darle una apariencia distinta de su apariencia en estado original.

Figura 6. Diversas manifestaciones constructivas a escala de obra gruesa del uso del costrón en Pampa Unión. Fuente: registro propio, Pampa Unión 2013.

Figura 7. Diversas manifestaciones constructivas a escala de acabados y terminaciones uso del costrón en Pampa Unión. Fuente: registro propio, Pampa Unión 2013.

5.1 El costrón

Los mantos calicheros poseen un espesor de entre 2 y 4 metros y se encuentran a diversa profundidad, bajo una fina capa de polvillo o “chusca”. Resultaba económico dada por la disponibilidad del recurso el confeccionar bloques de caliche o costrón los que eran extraídos desde la superficie de la pampa o de cavidades no muy profundas llamadas “cuevas”. El denominado “costrón”, corresponde a un bloque monolítico, que poseía un alto contenido de nitrato, o carbonatos de calcio endurecidos, arenas, arcillas y limo. Esta materia se obtenía del suelo estratificado de los diversos cantones salitreros ubicados en la depresión intermedia del Desierto de Atacama, se obtenía como un material secundario del proceso de extracción del salitre natural conocido como “caliche”, sus aplicaciones fueron múltiples, desde simples muros mampuestos conglomerados por un mortero de tierra y agua rico en sales que finalmente logra la cohesión del muro como una pieza monolítica a través de la cristalización de sus componentes más finos.

Figura 8. Las ilustraciones indican las calicatas que se realizaban para obtención del caliche, las fotografías muestran un acopio de costrón *in sittu* y la foto de la mampostería que se realizaba en los muros de Pampa Unión. Fuente Ilustraciones: Macuer, 1930; fuente fotografías: registro propio, Pampa Unión, 2013.

El costrón era en muchas ocasiones el salitre de baja ley y que por tanto eran considerados el lastre de las extracciones. Principalmente están formados por arena, arcilla y sales entre las que se cuenta el nitrato de sodio. El caliche (costrón) posee una ley de entre 16-18%, por lo que la obtención del salitre sólo se lograba concentrándolo, es decir, se movían inmensas cantidades de tierra, para extraer el “Nitrato de Chile” (Bermúdez, 1987).

La extracción de este material se realizaba mediante una tronadura con explosivo que perforaba el banco de caliche, la estratificación típica sin que coexistan siempre son las

"Estratas de Tapa" (Macuer H., 1930, p.42) donde se ubicaba la *"Chuca o Chusca", el "Panqueque", y la "Costra",* esta zona correspondía a un material sin ninguna ley para su explotación, en tal sentido se puede definir al costrón como un material descartado del proceso de obtención del salitre, en zonas más profundas se ubicaba la "Estrata Útil" correspondiente al "Manto de caliche" propiamente tal.

El proceso de descostre se practicaba *con tiros casi iguales a los de explotación del caliche, diferenciándose sólo en que los tiros no son pasados a la coba* (Macuer H., 1930, p.43), esta denominación correspondía al último estrato del banco inferior del caliche, el proceso de obtención indica que *… los tiros arrebaten, es decir, lancen los trozos fracturados por la explosión a cierta distancia con el objeto de evitar en parte la limpia del descostre* (Macuer H., 1930, p.43). Esta operación permitía obtener un bloque de forma irregular cuyas dimensiones aproximadas se ajustan a un formato de 0,45 m x 0,20 m x 0,30 m.

6 ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MUESTRAS DE COSTRÓN

Las muestras extraídas se analizaron en el Laboratorio de Investigación y Ensaye de Materiales de la Universidad Católica del Norte (LIEMUN), con el objetivo de determinar la densidad y resistencia a la compresión, lo que entrega información cuantitativa del material de construcción bajo análisis, esto permitió realizar análisis comparativos entre el costrón y otros materiales pétreos utilizados en la arquitectura salitrera, se procedió a obtener muestras extraídas de la zona cercana a la Oficina Ruinas del Pueblo Pampa Unión.

6.1 Densidad

Dado que las muestras presentan un alto contenido de sales, se obtuvo la densidad sumergiendo la probeta en agua, previo recubrimiento con cera de parafina, para evitar la disolución de las sales: Las figuras 9 y 10 muestra uno de los testigos obtenidos con y sin recubrimiento con cera de parafina, respectivamente.

Figuras 9. Izquierda: Testigo para determinación de densidad. Figura 10. Centro: Testigo recubierto con cera de parafina. Figura 11. Derecha: Derecha, Obtención del peso sumergido

La determinación de la densidad se realiza pesando la probeta sin parafina de donde se obtiene la masa seca de la probeta (A), luego pesando la probeta recubierta con cera de parafina obteniendo la masa de la probeta recubierta (D). Finalmente se pesa la probeta recubierta en agua, de donde se obtiene la masa sumergida (E) (figura 11).

Con estos valores, junto con la densidad de la parafina Pp=0,91 g/cm^3 y la del agua Pw=1g/cm^3, se obtiene la densidad de la muestra como

Densidad $$G = \frac{A}{\frac{D-E}{Pw} - \frac{D-A}{Pp}}$$

El resultado promedio de las muestras analizadas arrojó una densidad de G=1800 kg/m^3

Resistencia a la compresión

Se determinó la resistencia a la compresión en probetas cúbicas, de 15 cm de arista aproximadamente. Las que fueron comprimidas tal como se muestra en la figura 12. Se produjeron fallas típicas en este tipo de probetas, las que se muestran en la figura 13

Figura 11. Izquierda: ensayo de compresión. Figura 12. Derecha: ensayo de compresión. Probeta después del ensayo.

Los resultados de estos ensayos arrojaron una resistencia promedio de 30 kgf/cm^2. Los valores reportados por la literatura especializada para el tapial indican una densidad entre 1800 kg/m^3 y 2100 kg/m^3 y una resistencia a la compresión en torno a los 15 kgf/cm^2 (Paredes, 2011, p.345), por lo que el caliche estudiado posee propiedades de resistencia por sobre la media.

7 RESULTADOS PARCIALES Y CONCLUSION

El Monumento Histórico, ruinas del Pueblo Pampa Unión, supone un ejemplo de la hibridación entre un proceso de producción extractiva y un proceso de construcción edificatorio con el uso de un recurso disponible como el suelo calichal o salitroso conocido localmente como “costrón”.

La resistencia mecánica y estabilidad del sistema constructivo en base al costrón ha probado sus altas prestaciones a partir del estado de conservación que a pesar de los años de exposición al ambiente y los daños antrópicos ha logrado preservarse de manera autónoma gran parte de las aún existentes Ruinas de Pampa Unión, desde la perspectiva de los datos obtenidos en laboratorio preliminarmente. Los datos obtenidos permiten considerarlo con prestaciones mecánicas a la compresión superior a valores obtenidos en el adobe de tierra cruda y tapial.

En comparación con el adobe (Bestraten S. et al, 2011) se documentan densidades entre 1200 kg/m^3 a 1500 kg/m^3 y resistencias a la compresión comprendidas entre 5,4 kg/cm^2 a 17,6 kgf/cm^2, por lo que claramente el caliche queda por sobre el adobe en términos de resistencia. Por supuesto esto contrasta con los resultados de resistencia del hormigón armado, donde típicamente se utilizan hoy en día hormigones con resistencia a la compresión del orden de los 250 kgf/cm^2.

Desde la perspectiva de las interacciones de este material con el medioambiente se debe poner atención a vulnerabilidad que otros elementos constructivos conformados en base a tierra cruda, el Costrón presenta un contenido de sales las cuales son solubles o susceptibles a la humedad, por lo tanto hemos considerado en nuestro estudio el análisis que asegure la impermeabilidad del material cuando sus aplicaciones sean exsittu, no obstante en condiciones ambientales insittu, la escaza humedad ambiente y las condiciones

de aridez propias del desierto de Atacama permiten asegurar la estabilidad natural de este recurso frente al medioambiente.

Otros factores a considerar son aquellos que se relacionan con la evaluación de sus propiedades térmicas, acústicas. Testimonios orales de habitantes que han sido entrevistados hablan de supuestos para nosotros que apuntan a considerar en este material una buena respuesta a los factores del clima, no obstante en investigaciones deberán ser cuantificadas y comparadas con materiales similares.

Con relación a la contribución de este recurso a la huella de carbono, cabe destacar que todos los consumos energéticos empleados en la etapa de extracción y remoción industrial se realizaron durante la última mitad del S. XIX y comienzos del S.XX, hoy en día se puede trabajar con los descostres existentes que se encuentran disponibles en la superficie del suelo de los actuales terrenos de la pampa salitrera desde la primera hasta la segunda región de Chile.

Su aplicación en procesos de edificación contemporánea requiere de una tarea de ensayes y posibles procesos de innovación tal como el desarrollo de elementos constructivos que permitan ser integrados como sistema constructivo, incorporación de elementos de resistencia a la tracción, desarrollo de formatos y modulaciones que permitan su aplicación y una estandarización con miras a una posible cadena de comercialización como producto.

Como tarea relevante se debe realizar otros estudios orientados a determinar la extensión del uso de este recurso en áreas territoriales más amplias que el caso mostrado, para ello se debe realizar un reconocimiento o catastro completo del Cantón Central de Antofagasta para verificar si el uso de este recurso fue una tecnología habitual en otras oficinas salitreras. Fuera del contexto salitrero existen evidencias de su utilización como sistema constructivo en localidades dentro de la primera región tales como Huara y Canchones, así como también se tienen antecedentes en otra áreas dentro de la segunda región, específicamente en el anillo agrícola de Calama.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso Z., P. I. (2012). Deserta: ecología e industria en el Desierto de Atacama. Santiago: Ediciones ARQ, Pág.114

Bermúdez, Oscar (1987). Breve historia del salitre. Síntesis histórica desde sus orígenes hasta mediados del siglo XX. Iquique, Chile: Ediciones Pampa Desnuda

Bestraten S., Hormias E., Altemir, E. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Informes de la Construcción, Vol. 63, 523, 5-20, Julio-Septiembre 2011.

Chile en Sevilla. Una vista panorámica sobre el Comercio y las Industrias de Chile en 1929. (1929). Santiago: Editorial Cronos

Garcés F., Eugenio (1999). Las ciudades del salitre. Santiago, Chile: Impresos Esparza.

Instituto Geográfico Militar (1970). Atlas de la República de Chile, Santiago de Chile

Macuer, Horacio L. (1930). Manual práctico de los trabajos en la pampa salitrera. Valparaíso: Talleres Gráficos Salesianos

Panadés V., Juan; Obilinovic A., Antonio (1989). Pampa Unión: un pueblo entre el mito y la realidad. Antofagasta: Universidad de Antofagasta.

Paredes, B. (2011). La biblia de los materiales. Barcelona: Ed. FKG, Editorial Project.

Currículos

Sergio Alfaro es Arquitecto por la Universidad Católica del Norte y Doctor en Proyectos de Innovación Tecnológica por la Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. Sus líneas de investigación incluyen evaluaciones de impacto ambiental y huella de carbono, desarrollo de nuevas tecnologías de producción, reutilización y reciclaje de materiales, arquitectura para la emergencia, sistemas constructivos y estructurales tradicionales e innovadores.

Wagner Fleming es Ingeniero Civil por la Universidad Católica del Norte, y PhD de la Universidad de Kassel, Alemania. Sus líneas de investigación son la dinámica no lineal de estructuras principalmente mediante el método de los elementos finitos, análisis de riesgo sísmico, entre otras.

Suyín Chau es Arquitecta por la Universidad Católica del Norte y máster en instrumentos para la valoración y gestión del patrimonio artístico de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Sus líneas de investigación están orientadas a la salvaguarda y protección del patrimonio histórico. Realizó tareas de gestión como encargada de la Unidad de patrimonio del Ministerio de Obras públicas de la región de Antofagasta generando una cartera de proyectos de restauración y de registro documental del patrimonio inmueble de la Segunda Región.

OS EFEITOS DA DESAGREGAÇÃO MECÂNICA DOS SOLOS NA QUALIDADE DAS TINTAS IMOBILIÁRIAS PRODUZIDAS A BASE DE PIGMENTOS E CARGAS MINERAIS

Fernando de Paula Cardoso, Anôr Fiorini de Carvalho, Felipe Jacob Pires

Universidade Federal de Viçosa – UFV – Brasil
fernando.cardoso@ufv.br; afiorini@ufv.br; felipe1pires@yahoo.com.br

Palavras-chave: barreado; tintas de solos; resistência à abrasão.

RESUMO

No meio rural brasileiro, ainda é possível encontrar casas pintadas de branco, com a técnica do barreado, que consiste na aplicação de solos nas paredes, com o uso de um pano úmido. Por depender apenas de solo, o barreado pode ser considerado a técnica mais barata de pintura imobiliária. No entanto, seu uso está atualmente restrito a comunidades rurais isoladas e reduzindo progressivamente devido ao surgimento de tintas industrializadas. Além disso, a absorção e perda constantes de água gera um movimento de dilatação e contração que desestabiliza as ligações entre as partículas dos solos e tornam o barreado pouco resistente às intempéries. Por outro lado, a emergência das questões ambientais e a valorização dos conhecimentos populares apontam no sentido do resgate e aperfeiçoamento da técnica do barreado em contraposição ao uso das tintas industrializadas.

Portanto, o objetivo desse trabalho é discutir os efeitos da desagregação mecânica de solos com diferentes formas de agregação para a produção de tintas. Foram produzidas 24 amostras de tintas com dois tipos de solos, submetidos à desagregação mecânica e ao simples destorroamento, com adições graduais de PVA (Poli-Vinil-Acetato), e realizados ensaios de determinação de resistência à abrasão, conforme ABNT: NBR 15078.

Os resultados dos ensaios demonstraram que a resistência à abrasão aumeutou à medida que aumentou a proporção de PVA adicionada. No entanto, quando se compara os resultados com base nos tipos de tratamentos realizados (simples destorroamento e desagregação mecânica), verifica-se que a desagregação mecânica gerou efeitos inversos nos dois solos: aumentou a resistência à abrasão do Solo 1 e reduziu a resistência do Solo 2.

Os resultados permitem concluir que a quantidade de PVA necessária para alcançar a resistência à abrasão mínima exigida para qualificar as tintas imobiliárias à base de pigmentos e cargas minerais depende da mineralogia e da textura do solo utilizado. Além disso, a alta intensidade de desagregação para produzir tintas imobiliárias à base de solos aumenta ou reduz a resistência à abrasão em função da mineralogia e da textura dos solos usados.

1. INTRODUÇÃO

A técnica do barreado, apesar da falta de referencial teórico relativo às suas origens, parece ter sido a mais empregada para a pintura de paredes pela população rural brasileira até meados do século XX, quando foram implantadas as primeiras indústrias de tintas no Brasil (ABRAFATI, 2013). A técnica consiste em aplicar solos nas paredes, com o uso de um pano úmido, e para isso, utilizam-se, geralmente, aqueles de coloração clara, provenientes de brejos. Também são utilizados solos com outras colorações, tais como os vermelhos e os amarelos, mas de forma mais restrita. A condição para se aplicar determinado solo é a presença de argila em sua composição, pois a elevada superfície específica das partículas das argilas promove uma maior plasticidade e aderência da película do barreado às paredes. No entanto, as forças de interação entre as partículas das argilas e dessas com as superfícies não são suficientes para garantir a resistência e a durabilidade do barreado às intempéries. Sendo assim, deve-se repetir sua aplicação periodicamente, o que é um dos fatores que determinam o desuso gradual da técnica e sua substituição por tintas industrializadas.

Apesar disso, ainda é possível encontrar comunidades nas quais os moradores fazem uso do barreado, mantendo-se os mesmos procedimentos tradicionais, transmitidos de geração para geração. A comunidade de Pau-de-Cedro, localizada no município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, é exemplo disso. Nessa comunidade, parte dos moradores habita casas de pau-a-pique pintadas com solos de coloração vermelha ou amarela (figura 1). No entanto, trata-se de um caso isolado no qual tanto a construção das habitações em pau-a-pique, quanto o uso do barreado, se dá mais por carência de recursos financeiros que pela vontade de preservar as técnicas, o que se pode comprovar pelos relatos dos moradores.

Figura 1. Casa barreada. Comunidade de Pau-de-Cedro, Viçosa – MG

Diante disso, pesquisadores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do projeto Cores da Terra, desenvolvem novos procedimentos para aperfeiçoar o processo de produção do barreado, como forma de conferir à técnica características de uma tinta propriamente dita. Para tanto, os solos são desagregados para obter suspensões de partículas em água, que vão constituir filmes estáveis sobre as superfícies depois de secos. A estabilidade e a aderência das películas às superfícies são garantidas pela adição do adesivo Poli-Vinil-Acetato (PVA).

Os pesquisadores realizam atividades de resgate de técnicas tradicionais de pintura que utilizam pigmentos de origem mineral e a difusão de conhecimentos por meio de cursos destinados a estudantes, comunidades e profissionais da área da construção civil. Desde 2005, quando foi criado o projeto, foram realizados aproximadamente 100 cursos em 14 estados brasileiros.

No entanto, das experiências realizadas surgiram diversas dúvidas relativas à interação do PVA com os solos e a água – o que constitui a formulação básica das tintas produzidas – e das tintas com os diversos tipos de superfícies. Concomitantemente, o conhecimento das interações que ocorrem entre as partículas que constituem os solos (argila, silte e areia) e os métodos de tratamento dos solos utilizados para a produção das tintas, também se apresentou como um limite a ser transposto para se produzir tintas de qualidade. Assim, o conhecimento das propriedades das argilas, dos métodos de desagregação e da adição de adesivos aumenta o poder preditivo da qualidade das tintas produzidas à base de solos.

Portanto, o objetivo desse trabalho é discutir os efeitos da desagregação mecânica de solos com diferentes formas de agregação sobre a qualidade das tintas imobiliárias produzidas à base de pigmentos e cargas minerais e adições de PVA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos obedeceram a três etapas distintas, a saber:

a. Coleta de amostras de solos, análises químicas, físicas e mineralógicas;

b. Preparo de amostras de tintas com solos simplesmente destorroados e desagregados mecanicamente, variando-se a proporção de PVA adicionada;

c. Preparo dos corpos de prova e realização dos ensaios de determinação da resistência à abrasão.

Etapa 1. Foram coletadas 2 amostras de solos típicos da Zona da Mata de Minas Gerais. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em peneira com malha de 2 mm. Em seguida, foram realizadas análises mineralógicas por difratometria de raios X (Whittig; Allardice, 1986), análises químicas de determinação de CTC, cátions trocáveis, carbono orgânico e análise textural, segundo EMBRAPA, CNPS (1997).

Etapa 2. Foram produzidas 24 amostras de tinta com os solos coletados. Para cada tipo de solo, foram produzidas 12 amostras, sendo seis com o solo simplesmente destorroado e seis com o solo submetido a desagregação mecânica. Ambos os solos foram peneirados em peneira com malha de 2 mm para separar as partículas mais grosseiras.

A desagregação mecânica foi realizada da seguinte forma: foram separados 1,5 kg de cada amostra de solo e 1,5 L de água, em balde com capacidade de 8 L. Em seguida, foi introduzido no balde com água o desagregador mecânico (figura 2), que consiste numa furadeira com motor de 700 W na qual é adaptado um batedor com tela de aço com malha de 5 mm; um tubo de PVC de 150 mm de diâmetro, com tela de aço de malha de 0,5 mm presa internamente, reproduzindo o efeito de uma peneira e também servindo como agente abrasivo; e 20 bolas de vidro com diâmetro de 15 mm, intercaladas entre o batedor e a tela de aço, reproduzindo o efeito de um moinho de bolas. Com o desagregador submerso, a furadeira é ligada e adiciona-se o solo gradualmente. A desagregação somente foi data por concluída quando a peneira interna do desagregador continha apenas areia grossa.

Figura 2. Detalhes da desagregação mecânica de solos; (esq. para dir.) Tubo de PVC de 150 mm de diâmetro com tela de malha 0,5 mm e bolas de vidro; recipiente com solo; solo desagregado e batedor adaptado com tela de malha de 0,5 mm

As tintas com os solos desagregados mecanicamente foram produzidas da seguinte forma: foram separadas em recipientes com capacidade de 500 ml, 6 amostras de 300g de cada solo desagregado e adicionadas as mesmas 100 ml de água e realizada a mistura manual com haste de madeira durante 5 minutos; em seguida, cada amostra foi despejada no copo de um dispersor que consiste de um motor com velocidade de 9000 RPM que gira uma haste com uma ponteira helicoidal imersa na suspensão de solo dentro do copo. O dispersor

foi utilizado para garantir a homogeneidade da mistura das amostras. Foram produzidas amostras com doses de 0 g, 25 g, 37,5 g, 50 g e 75 g de PVA Cascorez Extra a cada amostra. O dispersor realizou a mistura durante 5 minutos para cada amostra de tinta.

Já as tintas com solos simplesmente destorroados foram produzidas da seguinte forma: foram separados 1,5 kg de cada amostra de solo e 1,5 L de água, em balde com capacidade de 8 L. Em seguida o solo e a água foram misturados com o uso de uma furadeira com motor de 700 W e batedor de tintas adaptado, durante 5 minutos; foram separadas 6 amostras de 300 g de cada solo em recipientes com capacidade de 500 ml e foram adicionadas doses de 0 g, 25 g, 37,5 g, 50 g e 75 g de PVA Cascorez Extra a cada amostra; e, por fim, foi realizada a mistura manual, com o uso de haste de madeira durante 5 minutos.

Etapa 3. A resistência à abrasão foi determinada de acordo com o método definido pela norma da ABNT (2004) NBR 15078 – Método para avaliação do desempenho de tintas para edificações não industriais: Determinação de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. A preparação dos corpos de prova para o teste de resistência à abrasão se deu imediatamente após a preparação das tintas. As amostras de tintas produzidas foram aplicadas em cartelas de PVC Leneta de dimensões de 432 mm por 165 mm, utilizando-se um extensor de barra com abertura de 175 µm e largura de 150 mm. As cartelas foram submetidas à secagem por 7 dias em ambiente com troca de ar à temperatura de 25 ºC ± 2ºC e umidade relativa de 60% ± 5%. A máquina de lavabilidade possui escova de cerdas naturais que é atritada com a película de tinta aplicada sobre a cartela de PVC. A cada minuto, 30 gotas de uma solução de 1% de nonilfenol etoxilado com 10 moles de óxido de eteno (EO) em água destilada são adicionadas à película que está sendo ensaiada. O resultado foi expresso em número de ciclos necessários para a remoção de 80% do comprimento da película de tinta (figura 3), sendo necessário resistir a, no mínimo, 100 ciclos para atender à norma.

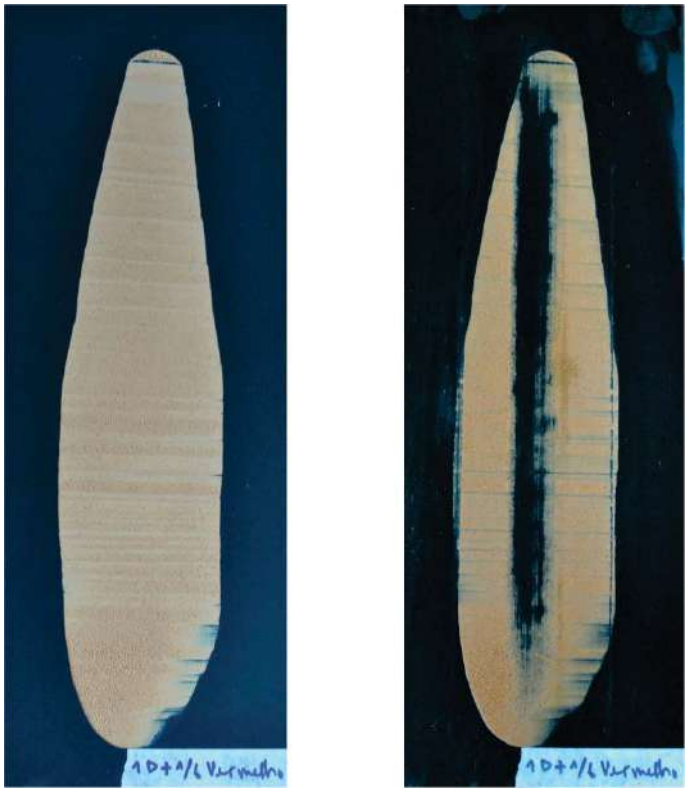


Figura 3. Corpos de prova, antes (à esq.) e após (à dir.) a realização do ensaio de determinação de resistência à abrasão de acordo com a norma ABNT: NBR 15078.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos das 2 amostras de solos coletadas, que representam os solos mais comumente usados para a produção de tintas na Zona da Mata de Minas Gerais, encontram-se na tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas das amostras de solos coletadas

RESULTADOS ANALÍTICOS			
Análises químicas		**Solo 1**	**Solo 2**
ph	H_2O	5,09	5,10
P	mg/dm³	3,4	1,0
K	mg/dm³	54	8
Ca^{2+}	cmol/dm³	0,25	0,05
Mg^{2+}	cmol/dm³	0,21	0,06
Al^{3+}	cmol/dm³	0,10	0,00
H + Al	cmol/dm³	2,1	1,1
SB	cmol/dm³	0,6	0,13
(t)	cmol/dm³	0,7	0,13
(T)	cmol/dm³	2,7	1,23
V	%	22,2	10,6
m	%	14,3	0,00
MO	dag/kg	0,38	0,38
P-rem	mg/L	24,4	18,7
Análises físicas			
Areia grossa	dag/kg	15	4
Areia fina	dag/kg	20	14
Silte	dag/kg	37	52
Argila	dag/kg	28	30
Classe textural		Franco-argilosa	Franco-argilo-siltosa

Os resultados das análises mineralógicas por difratometria de raios X indicaram a predominância de caulinita e goethita no Solo 1, e de caulinita e hematita no Solo 2 (figura 4).

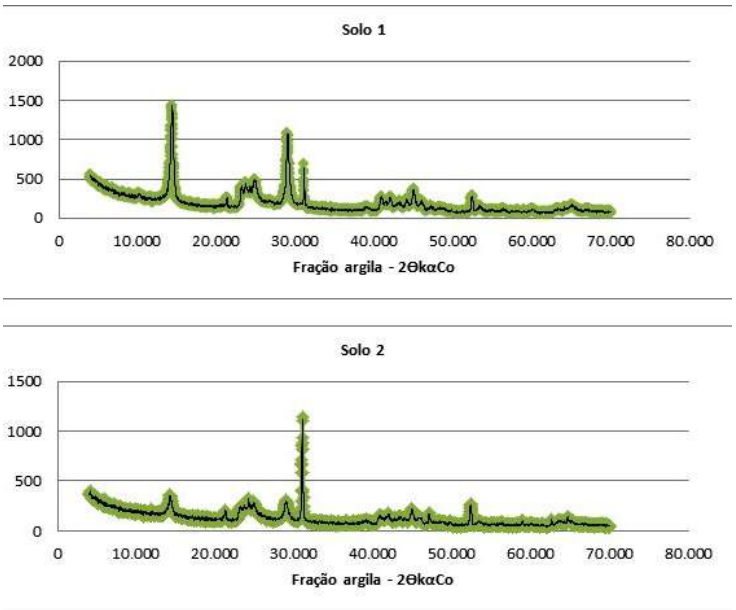


Figura 4. Gráficos das análises por difratometria de raios x dos solos 1 e 2

Os resultados dos ensaios de determinação de resistência à abrasão das amostras de tinta, definidos pela norma ABNT: NBR 15078, encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de determinação de resistência à abrasão, ABNT: NBR 15078

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A ABRASÃO (em ciclos)							
Quantidade de PVA		**0 g**	**25 g**	**30 g**	**37,5 g**	**50 g**	**75 g**
Solo 1	SD*	1	25	25	40	100	300
	D**	1/2	20	35	45	175	600
Solo 2	SD	1	150	400	1000	1000	1000
	D	1/2	30	70	125	250	1000

*Solo simplesmente destorroado; **Solo desagregado mecanicamente.

As análises químicas e mineralógicas indicam que ambos os solos são bastante intemperizados. São solos ácidos e com baixo teor de cátions trocáveis. A fração coloidal desses solos apresenta a possibilidade de floculação, uma vez que a caulinita é acompanhada de óxidos de ferro em pH baixo. Isso promove o surgimento de cargas positivas em proporção equivalente às cargas negativas nas superfícies dessas argilas, condicionando a aproximação e consequente floculação. Esse fenômeno é indesejável para a produção de tintas, uma vez que os pigmentos e cargas floculados decantam e dificultam tanto a pescagem pelos instrumentos de aplicação quanto o espalhamento homogêneo das tintas nas superfícies das paredes. Entretanto, o resultado final da estabilidade das suspensões não depende exclusivamente da composição das argilas, uma vez que as amostras de tintas foram produzidas incluindo a fração silte presentes nos solos. Além disso, a inclusão do adesivo PVA também altera a manifestação do fenômeno da floculação.

Ao verificar a textura de cada solo, percebe-se que o Solo 1 apresenta uma quantidade de areia (grossa + fina) de aproximadamente o dobro da quantidade apresentada pelo Solo 2. No entanto, nas tintas produzidas com solos desagregados a fração areia é eliminada, o que exclui a sua interferência na resistência à abrasão. O mesmo ocorrendo para os solos simplesmente destorroados, sendo que a fração areia decanta-se rapidamente e que utilizou-se apenas a camada superior, na qual estão presentes o silte e a argila. Além disso, a superfície específica das partículas de areia é insignificante quando comparada com as do silte ou da argila. Portanto, a contribuição da fração areia para o comportamento da resistência à abrasão nas amostras de tintas foi considerada insignificante. Dessa forma, do ponto de vista textural, as frações silte e argila são as mais importantes nesse trabalho.

Em todos os casos em que não foi adicionado PVA, a resistência não passou de um ciclo, o que indica que o PVA atua como um fator determinante da resistência. À medida que a proporção de PVA aumentou a resistência à abrasão aumentou.

No entanto, quando se compara os resultados com base nos tipos de tratamentos realizados (simples destorroamento e desagregação mecânica), verifica-se que a desagregação mecânica gerou efeitos inversos nos dois solos. A desagregação mecânica aumentou a resistência à abrasão do Solo 1 e reduziu a resistência do Solo 2. Para o Solo 1 a desagregação mecânica indica que as quantidades de PVA a serem adicionadas podem ser menores e ainda assim garantirem resistência à abrasão. Para o Solo 2 a desagregação indica a necessidade de maiores teores de PVA para garantir a mesma resistência à abrasão. Considerando que o custo total de produção da tinta em processo de auto-produção depende principalmente da compra do PVA, os processos de desagregação que utilizem menos PVA serão decisivos para a eficácia da produção da tinta.

Sabendo-se que o teor de argila dos dois solos é praticamente o mesmo, a grande diferença textural entre eles recai na fração silte. Os relatos sobre o uso de solos siltosos tanto para produzir tintas quanto para argamassas de revestimento em barreados registram a boa qualidade dos produtos. Dessa forma, se considerarmos que a presença de altos teores de

silte favorece a estabilidade das suspensões de solo e dos filmes de tinta ou películas de argamassa depois de secos, esperariamos que o solo mais siltoso produziria maior resistência à abrasão. Os resultados de resistência à abrasão para o método SD, ou seja, com baixa desagregação, apontam nessa direção. O Solo 2, que possui maior teor de silte apresentou maior resistência do que o Solo 1. Entretanto, para a desagregação mais intensa esse fenömeno não é observado. A desagregação mais intensa pode promover a destruição de agregados de argila com tamanho de silte e liberar as partículas de argila na suspensão. Após a liberação pode ocorrer a reagregação das partículas de argila em agregados menos estáveis. Durante esse processo a solução com PVA pode cobrir as partículas de argila e formar filmes adesivos entre elas. Esses agregados produzidos com aproximação entre partículas de argila e filmes de adesivo seriam mais eficientes do que se o adesivo reunisse apenas partículas de tamanho silte. Essa explicação é plausível para os resultados do Solo 1, cuja resistência à abrasão foi maior para o processo de desagregação intensa. No entanto, essa explicação não se adequa aos resultados do Solo 2. O Solo 2 reduz a resistência à abrasão entre os métodos de baixa e alta desagregação.

O Solo 2 tem alto teor de silte, entretanto, por ser altamente intemperizado e constituído de óxidos de ferro (hematita) que favorecem sobremaneira a floculação, parte do silte desses solos pode ser uma fração funcional. Ou seja, parte das argilas estaria organizada em agregados com tamanho de silte. A desagregação intensa atua sobre os agregados, liberando as partículas de argila na suspensão. Se o processo de floculação que sucede à desagregação for interrompido pela adição de PVA, teríamos uma redução relativa de partículas de silte (nesse caso de silte funcional) na suspensão. Nesses casos, em que a composição mineralógica e o estado de agregação são intensos, produzindo altos teores de silte funcional, não seria indicada a desagregação intensa. Estudos futuros podem testar esta hipótese utilizando diferentes teores de partículas floculadas e desagregadas para o mesmo solo.

Durante seis anos de atuação do projeto Cores da Terra não houve registro de problemas nas etapas de preparação, aplicação e durabilidade de tintas produzidas com solos siltosos (Fontes et al, 2013). Essa mesma constatação foi relatada para observação empírica de revestimentos utilizando solos siltosos para cobrir construções no meio rural. Esse relato se alinha com a descrição do uso de areias finas com composição granulométrica de diferentes tamanhos e silte para o revestimento de paredes de alvenaria sem o uso de agregantes tais como cimento ou cal hidratada. Em contraste, as atividades realizadas pelo projeto Cores da Terra registram com freqüência a dificuldade de obtenção de suspensões homogêneas com solos argilosos e, principalmente, problemas para espalhamento das tintas e aderência dos filmes em processos de repintura. Segundo Fontes et al. (2013), a interação positiva e significativa entre os teores de silte e a viscosidade permitem supor que filmes de partículas siltosas adquirem consistência suficiente para a estabilidade da suspensão, o que facilita a aplicação. Além disso, as evidências de maior durabilidade dos filmes aplicados nas paredes reforça a proposição de que a baixa superfície específica das partículas de silte, quando comparadas com a das argilas, favorece a conservação dos filmes por apresentarem menor expansão e contração do que estas. Esse fenômeno de maior estabilidade dos filmes pode ser comparado à constatação de que solos siltosos são susceptíveis à produção de selamentos superficiais que impedem a penetração de água e favorecem a erosão de solos agrícolas e de taludes expostos em estradas e construções civis. Esse comportamento físico indesejável nas atividades que expõem os solos seria positivo na produção de filmes de tintas. Nesse contexto, o estudo da estabilidade de suspensões siltosas pode contribuir para a produção de tintas à base de solos.

4. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos indica que quantidade de adesivo necessária para alcançar a resistência à abrasão mínima exigida para qualificar as tintas imobiliárias à base de solos depende da mineralogia e da textura do solo utilizado. E que, além disso, a alta intensidade

de desagregação para produzir tintas imobiliárias à base de solos aumenta ou reduz a resistência à abrasão em função da mineralogia e da textura dos solos usados.

Os resultados apontam para a necessidade de se avaliar o comportamento das frações silte e argila de forma independente para compreender com maior profundidade suas influências na resistência à abrasão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). Tintas para construção civil. *Método para avaliação do desempenho de tintas para edificações não industriais:* Determinação de resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro: ABNT. 18 p.

ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. (2013). *História das tintas.* Tintas no Brasil. São Paulo: ABRAFATI. Disponível em http://www.abrafati.com.br. Acesso em 3 de abril de 2013.

EMBRAPA, CNPS. (1997). *Manual de métodos de análises de solos.* Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos.

Whittig, L. D; Alardice, W. R. (1986). X-ray diffraction techniques**.** In: Klute, A. *Methods of soil analysis*, Part 1: Physical and mineralogical methods. Agronomy monograph Nº9. (2nd Edition).

Fontes, M. P; Carvalho, A. F; Cardoso, F. P. (2013). *Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas.* Relatório de pesquisa. Viçosa: DPS-UFV.

Agradecimentos

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto e das bolsas de Iniciação e Desenvolvimento Tecnológico.

Currículos

Fernando de Paula Cardoso, Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Estudante de mestrado em Engenharia Civil (Engenharia da Construção) pela Universidade Federal de Viçosa; Pesquisador do projeto Cores da Terra, vinculado aos Departamentos de Solos e Engenharia Civil da UFV.

Anôr Fiorini de Carvalho, Graduação, mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Coordenador do projeto Cores da Terra; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV; Coordenador do projeto Cores da Terra.

Felipe Jacob Pires, Graduação em Engenharia Ambiental e mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa; Pesquisador do projeto Cores da Terra, vinculado aos Departamentos de Solos e Engenharia Civil da UFV.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO ADOBE COM INCORPORAÇÃO DE "BABA DE CUPIM SINTÉTICA"

Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa[1], Raquel Maria de Souza[2], Matheus Pelossi Grillo[3], Danilo Wisky Silva[4],Thiago de Paula Protásio[5], Lourival Marin Mendes[6]

[1] UFLA- Universidade Federal de Lavras Campus Universitário Caixa Postal 3037
CEP 37200-000 Lavras-MG Brasil
Tel:(+55) 35 3829-1436 UEPAM Fax (+55) 35 3821-4753
[1]deiacor@uaigiga.com.br; [2]rsouza@engambiental.ufla.br; [3]mtsgrillo@engambiental.ufla.br;
[4]danilowisky@hotmail.com; [5]depaulaprotasio@gmail.com; [5]lourival@dcf.ufla.br

Palavras-chave: "baba de cupim sintética", estabilização química, adobe.

Resumo

A alvenaria com adobe, muito utilizada no Brasil colônia, vem sendo revitalizada na atualidade devido principalmente às questões ambientais e de sustentabilidade. Fatores como conforto térmico, consumo mínimo de energia, e economia contribuem para esta escolha. Entretanto desafios como absorção de água e baixa resistência mecânica são parâmetros que merecem ser estudados para proporcionar uma edificação segura e sem patologias futuras.

O solo, componente essencial do adobe, deve ser investigado quanto às suas características mineralógicas, granulométricas e plásticas. Assim define-se a viabilidade como matriz do tijolo, e como será sua utilização ideal: "in natura", com correção granulométrica, e/ou estabilização. É importante além de considerar o incremento de suas propriedades avaliar se a escolha não irá acarretar danos ambientais.

A natureza apresenta inúmeros exemplos a serem investigados. Entre eles destaca-se o cupim como experiente construtor. As paredes de seu ninho são constituidas de solo e saliva que misturados transformam-se num material resistente e impermeável. O ambiente tem temperatura, umidade e ventilação regulados com precisão. O solo do "cupinzeiro" utilizado em bases para pavimentação melhorou sua qualidade. Observando este fato empresas brasileiras pesquisaram a *"baba do cupim" e criaram* o estabilizante químico do solo correspondente. Existem poucos estudos com finalidade construtiva para este aditivo, são principalmente referentes ao solo compactado em paredes de taipa e BTC (bloco de terra comprimida).

O objetivo deste trabalho então foi investigar o comportamento do adobe de solo "in natura" corrigido granulometricamente com areia fina até atingir 50% (controle), e a incorporação da *"baba de cupim sintética"* em quatro soluções: 1:2.000; 1:1.500; 1:1.000 e 1:500 (não utilizada pelos fabricantes). O reagente escolhido foi o sulfato de alumínio 1:5.000, por tratar-se após a correção de um solo arenoso. Para a realização do experimento, o solo foi submetido a ensaios de laboratório e testes de campo de mineralogia, granulometria e consistência para sua caracterização, e classificado como Latossolo Vermelho cambissólico argiloso. As formas de madeira tiveram as dimensões 30x15x8cm. A relação entre concentração do estabilizante e quantidade de água foi inversamente proporcional. Os cinco tratamentos foram submetidos ao ensaio de contração. Após o período de cura os adobes foram avaliados quanto às propriedades mecânicas (resistência a compressão e flexão) e físicas (densidade, contração, capilaridade e absorção de água). Os dados do experimento foram analisados pela análise de variância e do teste de Tukey, ambos a 5% de significância. O delineamento foi inteiramente casualizado utilizando o software SISVAR 4.2. Os resultados demonstraram que a incorporação da *"baba de cupim sintética"* foi eficiente para ambas as propriedades, destacando-se o tratamento 1:500 e 1:1500 para as parâmetros físicos e mecânicos respectivamente.

1. INTRODUÇÃO

O setor de construção é uma das atividades mais impactantes ao ambiente. A descoberta do cimento contribuiu de forma vertiginosa para a evolução do setor, mas em contrapartida desencadeou uma série de problemas. Diante desta constatação pesquisadores investigam materiais não convencionais já certificados pela história aprimorando suas propriedades e

ampliando suas aplicações. O interesse pela pesquisa e utilização do solo como material construtivo evolui em diversos países. No Brasil não é diferente, aliando a investigação científica com a "sabedoria popular" cada vez mais escassa, surgem novas tecnologias e produtos que valorizam o uso da terra na construção.

O ambiente construido com adobe tem excelente conforto térmico, mas características como a baixa resistência mecânica dos tijolos e a absorção de água merecem especial atenção dos pesquisadores. Esta tecnologia aparentemente simples envolve diversos fatores para obter bons resultados. Quanto ao solo, elemento principal da composição, é importante conhecer suas características mineralógicas, granulométricas e plásticas. Outros parâmetros como quantidade de água na mistura, processos de produção e cura são também importantes. Com este conhecimento é possível avaliar a viabilidade ou não do solo e quais as possibilidades de melhorar suas propriedades. A estabilização pode ser feita com diversos produtos e procedimentos como cimentação, armação, impermeabilização e tratamentos químicos.

A natureza aponta várias soluções. Entre elas está o “cupinzeiro” que fica exposto ao tempo e resiste às intempéries. A saliva do cupim misturada ao solo melhora significativamente suas propriedades coesivas e de impermeabilização aumentando sua resistência. Observando este fenômeno empresas brasileiras desenvolveram a *“baba de cupim sintética”* que tem aplicação na estabilização do solo como base em rodovia. Existem poucos estudos com finalidade construtiva para este aditivo, são principalmente referentes ao solo compactado em paredes de taipa e BTC (bloco de terra comprimida). O produto escolhido denominado *Dynasolo DS-328®* é um aditivo químico à base de óleos vegetais, líquido e solúvel em água, não tóxico, com propriedades hidrofóbicas e coesivas. Com estas características e ampla utilização em solo compactado despertou interesse para utilização no adobe. Portanto, este trabalho teve como objetivo comparar o adobe produzido sem e com incorporação da *“*baba de cupim sintética*”* em quatro concentrações diferentes: 1:2000; 1:1500; 1:1000 e 1:500 para avaliar suas propriedades físicas e mecânicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Construções feitas com adobe apresentam, entre outras qualidades, excelente conforto térmico. Segundo Holman (1989) e Karlekar (1990) apud Piñón et al (2007), sua condutividade térmica está entre 0,5 W/m^{o}C e 0,7 W/m^{o}C, enquanto o bloco de concreto tem de 1,4 W/m^{o}C a 1.6 W/m^{o}C. O consumo de energia é menor que 0,2 MJ/kg (Gupta, 2000).

A baixa resistência e absorção de água (AA), além da falta de normas técnicas brasileiras que padronizem procedimentos e parâmetros para propriedades físicas e mecânicas, são desafio para pesquisadores. A NBR 8492 (ABNT, 1984) recomenda AA ≤ 18% para tijolos de solo-cimento. A absorção de água em adobes foi estudada por Varum et al (2007) e Faria (2002). O primeiro pesquisador comparou dois tipos de adobes utilizados em construções de Angola e encontrou aumento de peso de 17% e 26% após seis horas de imersão. O segundo em investigação sobre a utilização de macrófitas aquáticas em diferentes quantidades obteve variação entre 24,88% e 31,76%.

A resistência à compressão dos adobes é um dos principais parâmetros pesquisados. Existe uma grande variação nos resultados obtidos devido a diversos fatores: características do solo; quantidade de água adicionada; tipo de estabilização; cuidados na produção; e método de cura. Em média entre 0,6 MPa à 2,0 MPa (Barbosa; Ghavami, 2007). Em pesquisa realizada por Piñón et al (2007) a resistência à compressão aumentou de 1,2 MPa para 2,2 MPa quando os adobes foram estabilizados com adição de dodecilamina e emulsão de asfalto. Já a resistência à flexão é um parâmetro que tem sido pouco investigado e apresenta resultados inferiores à compressão. Em adobes com dimensões 29 cm x14 cm x10 cm em latossolo vermelho amarelo distrófico médio, argiloso e muito argiloso os resultados médios foram 0,11 MPa, 0,14 MPa e 0,16 MPa (Corrêa et al, 2006).

A *“baba de cupim sintética”* (DS-328®), segundo seus fabricantes, atua como um catalizador, promovendo e facilitando a troca iônica e permitindo maior coesão entre as

partículas finas dos solos, impermeabilizando-as. Sua forte ação aglutinante é devido ao fenômeno da troca de base, ocorrendo uma atração maior entre as superfícies das partículas das argilas, com a consequente floculação e decantação das mesmas, não permitindo sua lixiviação da composição estrutural do solo tratado. Quando se introduz, pequenas quantidades do produto em água, ativam-se os íons H+ e (OH)- da água que provocam um intercâmbio de suas cargas elétricas com as partículas de solo, provocando na água absorvida um rompimento do enlace eletroquímico, desprendendo-as e convertendo-as em água livre, a qual drena por gravidade, evaporação e compactação. Esta reação eletroquímica de troca iônica provoca a aproximação das partículas, é estável e permanente. O *DS-328*® foi estudado em BTCs na concentração 0,1% (1:1000) em peso de solo seco com cimento *CP V-ARI* (cimento Portland de alta resistência inicial) como reagente. A composição granulométrica do solo era de 18,2% de argila, 5,3% de silte e 76,5% de areia (Faria et al., 2012). Analisando os resultados, os autores inferiram que houve um aumento considerável na resistência a compressão com o uso deste aditivo. Com 1% e 3% de cimento como reagente obtiveram acréscimo de 125% e 35% respectivamente.

3. METODOLOGIA

A amostra de solo foi coletada no horizonte BC no município de Lavras, estado de Minas Gerais, Brasil. Os ensaios foram realizados nos laboratórios dos departamentos de Ciência do Solo, Fitopatologia e Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A caracterização foi feita por testes de campo: identificação visual e tátil (Enteich, 1963), contração linear (Ruiz; Luna, 1983), lavagem do solo (Milanez, 1958) e ensaios de laboratório: difração de raios-X (Resende et al., 2005), análise granulométrica (Day, 1965), limites de consistência (EMBRAPA, 1997) e metodologia modificada para limite de contração (Dias Jr.; Miranda, 1998). Os resultados para densidade do solo, densidade de partículas e volume total de poros foram: Ds=1,42 kg/dm³, Dp=2,62 kg/dm³ e VTP = 45,8%. A classificação do solo foi Latossolo Vermelho cambissólico argiloso (EMBRAPA, 1997) com caulinita que é argila pouco expansiva (estrutura 1:1). Para produção de adobes o ideal é utilizar solo arenoso, portanto foi feita correção granulométrica em peso seco com areia fina até atingir 50%. A quantidade de areia foi determinada por cálculo matemático: para cada kilo de solo “in natura” seco foram adicionados 412 gramas de areia seca. Na tabela 1 estão os resultados da composição granulométrica e limites de consistência antes e após a correção.

Tabela 1. Granulometria e limites de consistência inicial do solo e após a correção com areia

		inicial (%)	final (%)
Granulometria	argila	40	23
	silte	45	27
	areia	15	50
Limites de Consistência	LL	56,76	55,44
	LP	42,58	34,58
	LC	26,64	21,67

A *“baba de cupim sintética”* é um produto com densidade de 1,035g/cm^3 à 25º C, pH (solução a 1%) de 10,5, coloração verde e vida útil de 15 anos desde que devidamente acondicionada. Para o cálculo das concentrações seguiu-se a orientação dos fabricantes do estabilizante acrescentando o tratamento 1:500. A quantidade de solo seco estimada para cada tratamento foi calculada considerando em média a produção de 25 adobes. As concentrações foram então: 1:2.000; 1:1.500; 1:1.000 e 1:500 que correspondem à 0,05; 0,07; 0,10, e 0,20% de aditivo. O reagente utilizado foi o sulfato de alumínio a 1:5000 para todas as proporções de acordo com as instruções de fabricante. Como o cálculo da dosagem foi feito considerando a massa de solo seco, foi determinada a umidade higroscópica inicialmente. O adobe produzido sem aditivo (controle) foi comparado com os outros tratamentos quanto às propriedades físicas e mecânicas de acordo com o plano experimental apresentado na figura 1.

TRATAMENTOS		ENSAIOS
T1S	solo corrigido (controle)	compressão (NTE.080, 2000)
T2A	solo corrigido + *DS-328®* 1: 2000*	flexão (ASTM D-790 adaptada)
T2B	solo corrigido + *DS-328®* 1: 1500*	absorção de água (Varum et al, 2007)
T2C	solo corrigido + *DS-328®* 1: 1000*	capilaridade (Varum et al, 2007)
T2D	solo corrigido + *DS-328®* 1: 500*	contração (Ruiz; Luna, 1983)

* reagente sulfato de alumínio 1:5000

Figura 1. Plano experimental

Os adobes foram produzidos nas dimensões 30 cm x15 cm x8 cm nas proporções determinadas pela NTE.080 (2000), em formas duplas de madeira. Estas foram imersas em água e em caixa de areia para facilitar o desmolde. Para cada tratamento os procedimentos para produção foram: pesagem do solo; colocação em estrado de madeira; adição da solução de *"baba de cupim sintética"* e reagente separadamente com quantidade de água complementar até a umidade próxima da ideal, dividida entre as duas soluções; homogeneização com os pés e "maromba". A "cura" foi em superfície plana com uma fina camada de areia em local coberto até completa secagem. Os dados do experimento foram analisados pela análise de variância e teste de Tukey, ambos a 5% de significância. O delineamento foi inteiramente casualizado utilizando o software SISVAR 4.2 (Ferreira, 2011).

A umidade inicial para a mistura foi correspondente ao LP. Os testes de campo da Queda da bola (Barbosa et al, 2005) e "teste da varilla" (Ruiz; Luna, 1983) foram executados até atingir a quantidade ideal de água na mistura. Definida esta quantidade, amostras foram retiradas e aferidas pela estufa a 103^0C ± 2^0C com três repetições.

Para o teste de contração, foram utilizadas amostras da "masseira de adobe" na umidade ideal em cada tratamento. Estas foram colocadas em formas de madeira com fundo nas dimensões 10 cm x2 cm x2 cm com cinco repetições. Após sete dias foi medida a contração longitudinal, lateral e na espessura, observando-se tambem a presença de fissuras.

O teste de absorção de água (AA) seguiu metodologia modificada (Varum et al, 2007). Os adobes foram serrados ao meio em seis repetições. As amostras foram pesadas antes do teste e seis horas após imersão em água. Para o cálculo da massa total após seis horas de imersão, acrescentou-se a perda de massa seca (estufa 103^0C ± 2^0C) que ficou depositada no fundo das bandejas (47 cm x32 cm x 9 cm). A absorção de água (AA) e a perda de massa (pm) foram determinadas pelas equações:

$$AA(\%) = \frac{[(\text{massa}_{6h} + \text{perda de massa}) - \text{massa}_{inicial}]}{(\text{massa}_{6h} + \text{perda de massa})} * 100$$

$$pm\ (\%) = \frac{(\text{perda de massa})}{\text{massa inicial}} * 100$$

O teste de capilaridade seguiu metodologia modificada com tres repetições (Varum et al, 2007). A quantidade de água foi de 400 ml/bandeja (47 cm x32 cm x9 cm) correspondeu a 0,6 cm de altura sem a presença das amostras (adobes). Estas foram colocadas na bandeja e a água foi derramada na superfície em seguida. Após uma hora, a altura atingida pela água foi medida em quatro repetições de cada amostra (duas larguras e dois comprimentos). O material que ficou depositado no fundo da bandeja foi retirado e seco em estufa a 103^0C ± 2^0C para cálculo da perda de massa seca. A densidade do adobe foi calculada com dez repetições, medindo-se o comprimento, largura e altura dos tijolos antes dos ensaios de compressão e flexão.

Os ensaios de resistência mecânica foram realizados na máquina universal EMIC do Depto. de Ciências Florestais da UFLA após 40 dias de "cura". A resistência à compressão foi determinada com seis repetições. Os adobes foram serrados ao meio, pesados e medidos

antes do ensaio. As metades foram unidas utilizando-se argamassa para assentamento em traço solo:cal 1:4. Após secagem da primeira camada de regularização foram aplicadas outras duas demãos com traço mais forte solo:cal 1:2 para acabamento da superfície de contato. A célula de carga utilizada foi de 2 kN com velocidade constante de 1,2 mm/min. Foram avaliados os seguintes parâmetros: tensão no colápso; tensão na força máxima; força máxima; módulo de elasticidade; energia; energia de colapso; e limite de proporcionalidade. O ensaio de flexão em tres pontos foi realizado com quatro repetições. Os adobes foram pesados e medidos antes do ensaio. A distância entre dois pontos foi de 240 mm. A célula de carga utilizada foi de 1 kN com velocidade constante de 1,2 mm/min. Foram avaliados os seguintes parâmetros: tensão no colápso; tensão na força máxima; força máxima; e módulo de elasticidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSAO

A abordagem a seguir destaca os principais resultados das propriedades físicas e mecânicas, avaliando o comportamento do estabilizante químico nos tratamentos propostos.

4.1. Propriedades físicas

As medidas das dimensões dos adobes demonstram que houve redução na contração quando a concentração do produto aumentou. O aumento de massa e volume foi proporcional ao acréscimo do *DS-328*®. Entretanto nos resultados do cálculo de densidade apenas o tratamento T2D apresentou aumento representativo (3%).

Tabela 2. Resultados médios de densidade

Resultados médios de densidade (g/cm^3)						
Tratamentos	comprimento (cm)	largura (cm)	altura (cm)	volume (cm)	massa (g)	densidade (g/cm^3)
T1S	27,2	13,6	7,4	2741	4826	1,763
T2A	27,8	13,9	7,5	2892	4991	1,729
T2B	27,6	13,9	7,7	2955	5121	1,734
T2C	27,5	13,9	7,7	2958	5238	1,772
T2D	27,6	14,2	7,5	2940	5337	1,817

No teste de contração, os resultados foram semelhantes às medidas nos adobes após a “cura”. O tratamento T1S (controle) quando comparados aos outros tratamentos teve contração um pouco superior. O aparecimento de 1 fissura em 3 repetições do tratamento T2D não comprometeu a qualidade dos adobes produzidos, que tiveram os melhores aspectos visuais. Os resultados de contração (%) para os tratamentos T1S, T2A, T2B, T2C e T2D foram respectivamente 7; 6,4; 6,3; 6,5; e 6,4.

No teste de absorção de água observou-se que a massa inicial dos ½ adobes aumentou com o a maior concentração de aditivo. Esta característica pode representar maior coesão entre as partículas. Não foi possível pesar as amostras do T1S porque desmancharam quando foram imersas na água. Os resultados de perda de massa quando comparados entre os tratamentos reduziram. A maior concentração de aditivo (T2D) obteve menor absorção de água (figura 2) além de maior massa. Todos os tratamentos atenderam a NBR 8492 (ABNT, 1984) para tijolos de solo-cimento (AA% ≤ 18%).

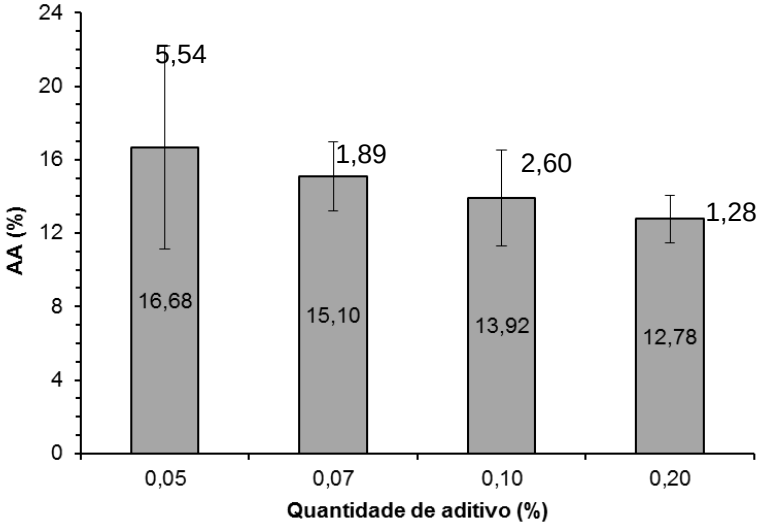


Figura 2. Resultados de AA(%) nos tratamentos T2A(0,05), T2B(0,07),T2C(0,10),T2D(0,20).

A altura de capilaridade após uma hora na superfície úmida foi maior para o T1S. A porcentagem da perda de massa decresceu com o aumento do aditivo (tabela 3).

Tabela 3. Resultados do teste de capilaridade

Resultados	Tratamentos				
	T1S	T2A	T2B	T2C	T2D
	-	1:2000	1:1500	1:1000	1:500
Massa inicial do adobe* (g)	15.311	15.549	15.156	15.869	15.990
Altura (cm)	1,68	1,38	1,43	1,23	1,09
Perda de massa seca (g)	76,09	93,60	66,99	59,29	61,92
Perda de massa seca (%)	0,50	0,60	0,44	0,37	0,39

* soma da massa seca das três amostras.

4.2. Propriedades mecânicas

No ensaio de resistência à compressão foram significativos os resultados da massa, carga máxima, e tensão máxima no nível de 10%. Entre os parâmetros avaliados para resistência à flexão apresentaram resultados significativos a massa e o módulo de elasticidade. Tanto a carga máxima como a tensão máxima para o ensaio de compressão tiveram resultados melhores em relação à flexão. Estes resultados comparados entre tratamentos foram superiores ao T1S (controle) para resistência à compressão (tabela 4).

Tabela 4. Resultados médios dos ensaios de resistência à compressão e flexão

	Resistência à compressão				
Parâmetros	T1S (controle)	T2A 1:2000	T2B 1:1500	T2C 1:1000	T2D 1:500
MOE (MPa)	43,42	37,30	58,06	37,41	52,93
Tensão máx. (MPa)	0,60	0,70	0,72	0,64	0,67
Carga máx. (N)	117,05	135,32	135,23	124,71	127,52
Massa (kg)	4,778	5,056	5,127	5,285	5,429
	Resistência à flexão				
MOE (MPa)	111,89	133,74	148,13	150,39	164,25
Tensão máx. (MPa)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45
Carga máx. (N)	10,16	9,89	10,75	10,79	10,23
Massa (kg)	4,898	4,893	5,112	5,168	5,201

A correlação entre a tensão máxima de flexão e compressão variou de 67% a 78%, resultado muito superior ao estabelecido pela NZS: 4298 (1998) apud Silveira et al (2012), que determina 10% a 20% com maioria dos resultados abaixo de 30% para adobes.

A NTE E.080 (2000) estabelece resistência à compressão ≥ 0,7 MPa, portanto os tratamentos T2B e T2C atenderam às especificações. O módulo de elasticidade (MOE) para flexão foi muito superior ao de compressão com variação de 112 MPa à 164 MPa e 43 MPa à 53 MPa respectivamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo concluiu que a estabilização química com a incorporação da *"baba de cupim sintética"* melhorou as propriedades mecânicas e físicas do adobe e reduziu sua perda de massa. O tratamento T2B foi escolhido por apresentar o melhor resultado para resistência à compressão (0,72 MPa) e MOE (58,06 MPa). Quanto às propriedade físicas, o tratamento T2D apresentou melhor resultado para os testes de absorção de água (12,78%) e capilaridade (1,09 cm).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 8492- Tijolo maciço de solo cimento:determinação da resistência à compressão e da absorção de água – método de ensaio.* Rio de Janeiro. 6p.

American Society for Testing and Materials (2007). *ASTM D790 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.* Pennsylvania.

Barbosa, N. P.; Ghavami, K. (2007). Materiais de construção civil e principios de ciência e engenharia de materiais. Terra crua. In: *G.C. Isaia. (Org.)*. São Paulo: Ibracon, vol 2, p. 1505-1557.

Barbosa, N. P.; Ghavami, K.; Gonçalves, J. S. (2005). Proposta de norma brasileira de adobe. Lima. *In: SismoAdobe*. *Anais*. Peru: Pontificia Universidade Católica del Perú.

Corrêa, A. A. R.; Teixeira, V.H.; Lopes, S. P.; Oliveira, M. S. (2006). Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). In: *Ciência e Agrotecnologia V.3 no. 3.* Lavras: Editora UFLA p.503-515.

Day, P. R. (1965.) Particle fractionation and particle size analysis.1965). *In:* Black, *C.A. ed. Methods of soils analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling.* Madison American society of agronomy. p. 546-67.

Dias Jr., M. S.; Miranda, E. E. V. (1998). Metodologia para determinação do limite de contração modificada. In: *Ciência e Agrotecnologia V.22 no. 3.* Lavras: Editora UFLA p.503-515.

EMBRAPA (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. 2ed. 212 p.

Enteich G.; Augusto A. (1963). *Suelo-cemento. Su aplicación en la edificación*. Bogotá: Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento. 99 p.

Faria O. B., Battistelle R. A. G., Neves C. (2012). Avaliação preliminar da influência da adição de "baba de cupim" em características físicas e mecânicas de solo-cimento compactado. In: *Terrabrasil2012*. IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil. Fortaleza: Rede TerraBrasil; UFCE.

Faria O. B. (2002). *Utilização de macrófitas aquáticas na podução de adobe: Um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande* (Americana-SP). Tese (doutorado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Ferreira D. F. (2011). Sisvar: um sistema de computador de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia,* vol.35, n º 6. Lavras: Editora UFLA.

Gupta T.N. (2000). Materials for the human habitat.(2000) In: *21st century Materials Challenges*, MRS Bulletin.

Holman, J. P. (1989). *Heat transfer*. New York: Mc Graw Hill.

Karlekar B. V. (1990). *Heat transfer*. New York: Mc Graw Hill.

Milanez, A. (1958). *Casa de terra*: *as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo.* Santa Catarina, SESP. 122p.

NTE E.080 - Norma Técnica de Edificación.(2000). Reglamento Nacional construcciones. Lima. Peru. p.17.

NZS 4298:1998. Materials and workmanship for earth buildings.(1988). *Standards New Zealand*. Wellington.

Piñón, J. P.; Durán, J. T. V.; Ramírez, A. M.; J. F. P., Robles, H. B.; Ramírez, Landaverde, M. A. H. (2007). Melhoramento das propriedades mecânicas e hidrofóbicas de adobes para indústria de edifício através da adição de agentes poliméricos. *Construção e Meio Ambiente 42* pp.877-883.

Resende, M.; Curi, N.; Ker, J. C; Rezende, S. B. (2005). *Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações*. Lavras: Editora UFLA. 192p.

Ruiz L. E. H.; Luna J. A. M. (1983). *Cartilla de pruebas de campo*. Conescal, México. p.72.

Silveira, S.; Varum, H. ; Costa, A.; Martins, T.; Pereira, H.; Almeida, J. (2012). Mechanical properties of adobe bricks in ancient constructions. In: *Construction and Building Materials.* 28. p. 36–44.

Varum H.; Costa, A.; Silveira, D.; Carvalho, G.; Silva, L. (2007). Caracterização dos solos e adobes usados na construção los Camabatela, Angola. *Terra em Seminário 2007*, p. 94-96, Lisboa: Argumentum.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências brasileiras de fomento à pesquisa CAPES, FAPEMIG, CNPq, à rede de pesquisas RELIGAR, e à Universidade Federal de Lavras.

Currículos

Andréa Ap. Ribeiro Corrêa é Eng. Civil (PUC-MINAS,1982), especialista CNPq- Aperfeiçoamento B (UFLA,1987-90), Mestre em Construções Rurais e Ambiência (UFLA, 2003), Profa. “Lato Sensu” (GTC-UFLA/FAEPE,2002/09), Profa. Substituta (DEG-UFLA,2011) e Doutoranda bolsista CAPES em C&TM (UFLA,2009/13). Tem experiência em materiais e técnicas não-convencionais com ênfase em: construção com terra crua em adobe, resíduos lignocelulósicos e painéis em geral.

Raquel Maria de Souza é graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFLA e estagiária da Unidade Experimental de Painéis de Madeira- UEPAM.

Matheus Pelossi Grillo é graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFLA e estagiário da Unidade Experimental de Painéis de Madeira- UEPAM.

Thiago de Paula Protásio é Eng. Florestal (UFLA, 2012). Mestrando em Ciência e Tecnologia da Madeira (UFLA, 2013).Tem experiência em Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em energia e tratamento térmico de biomassa vegetal, aproveitamento de resíduos lignocelulósicos, densificação de materiais lignocelulósicos residuais, análises de regressão e correlação, análise multivariada e modelagem aplicadas.

Danillo Wisky Silva é graduando em Eng. Florestal, foi aluno de iniciação científica no programa PIBID/FAPEMIG, e coordenador de imprensa e divulgação no Núcleo de Estudos em Painéis de Madeira – NEPAM/UFLA.

Lourival Marin Mendes é Eng. Florestal (UFLA,1990). Mestre em Ciência Florestal (UFV,1993), Doutor em Eng. Florestal (UFP, 2001) e atualmente é Prof. Associado Nível 1 do DCF- UFLA. Tem experiência em Recursos Florestais e Eng. Florestal, com ênfase em tecnologia de chapas, atuando nos seguintes temas: madeira, eucalipto, painéis de madeira, chapas de partículas, OSB, resíduos lignocelulósicos, e materiais não-convencionais.

AVALIAÇÃO TEÓRICA DE DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES DE ADOBE, BLOCO DE CONCRETO E BLOCO CERÂMICO

Obede Borges Faria[1], Célia Neves[2]

[1]Prof. Dr. – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Bauru, UNESP
Av. Eng. Luiz E. C. Coube, 14-01 CEP 17033-360 Bauru-SP, (+55) 14 3103-6112;
obede.faria@gmail.com
[2]Rede Ibero-Americana PROTERRA/Rede TerraBrasil, cneves2012@gmail.com

Palavras-chave: desempenho térmico de paredes, adobe, bloco de concreto, bloco cerâmico, NBR 15220/2005.

Resumo

É muito comum, mesmo em eventos científicos cujo tema é a arquitetura e construção com terra, ouvirem-se afirmações categóricas sobre a superioridade da terra como material de construção, do ponto de vista do desempenho térmico, em detrimento de outros materiais. Na maioria das vezes, esta é uma afirmação leviana, porque carece de sólida investigação científica, baseada em estratégias metodológicas adequadas.

Para contribuir com o preenchimento desta lacuna, neste trabalho é apresentada uma avaliação teórica do desempenho térmico de paredes de adobes, comparadas com paredes de blocos de concreto e de blocos cerâmicos, dois materiais de vedação tidos como convencionais, no Brasil. Esta avaliação foi realizada com base na norma brasileira NBR 15220/2005 ("*Desempenho térmico de edificações*", composta por 5 partes), aplicada a um estudo de caso realizado com 3 protótipos de habitação de interesse social, construídos com estes materiais no campus de Bauru-SP, da UNESP (Universidade Estadual Paulista), como parte de um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Os resultados encontrados apontaram para a superioridade do adobe no que diz respeito à capacidade térmica (C_T) e ao atraso térmico (φ). No entanto, notou-se sua desvantagem, no que diz respeito à resistência térmica (R_T), transmitância térmica (U) e fator de ganho de calor solar (FS_O). De uma forma global, pode-se afirmar que a parede de adobe avaliada mostrou-se mais vantajosa com relação à maioria dos parâmetros de conforto analisados, já que os parâmetros nos quais ficou em desvantagem levam em consideração as mesmas variáveis (arranjadas de diferentes formas). Cabe salientar que estas vantagens são relativas e, em alguns casos, não muito significativas, porque dependem da espessura das paredes.

1. INTRODUÇÃO

Muito se comenta sobre as qualidades térmicas das paredes de terra, assim como sobre sua superioridade quando comparadas com outros materiais, tomando-se por base apenas a experiência sensorial e subjetiva de quem ocupa ambientes construídos com este material. No entanto, são escassos os textos científicos que tratam deste tema, resultantes de sólidos e criteriosos trabalhos de pesquisa, baseados em experimentações, de acordo com normas técnicas de referência.

Em um dos raros trabalhos encontrados sobre o tema, Porta-Gándara et al (2002) avaliam o desempenho comparativo de construções de adobe e de blocos de concreto, na Baixa Califórnia do Sul (México), no que diz respeito ao consumo de energia para climatização destas construções, mantendo-se a temperatura interna em 26ºC. Note-se que se trata de uma região tropical, semelhante às condições brasileiras, porém no hemisfério norte. As paredes de adobe tinham espessura de 25 cm e as de bloco de concreto, 10 cm. O principal resultado da pesquisa é mostrado nas figuras 1 e 2, de onde se pode observar que o ambiente de concreto consumiu 5 vezes mais energia que o de adobes, cuja espessura de paredes era de 2,5 vezes a de concreto.

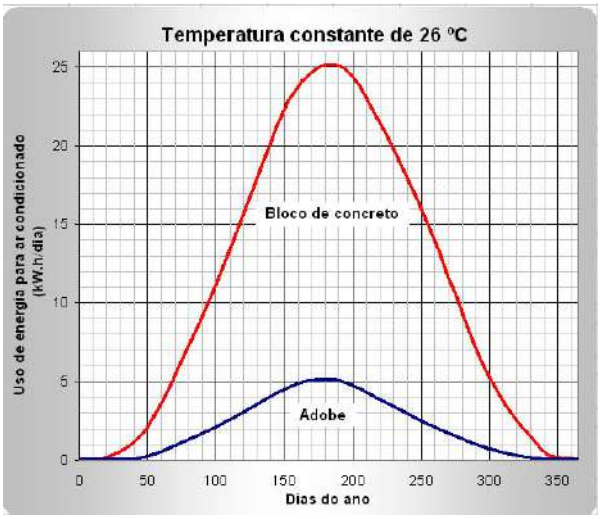


Figura 1. Consumo de energia com refrigeração, para manter a temperatura interna da construção em 26 ºC, ao longo do ano (adaptado de Porta-Gándara et al, 2002).

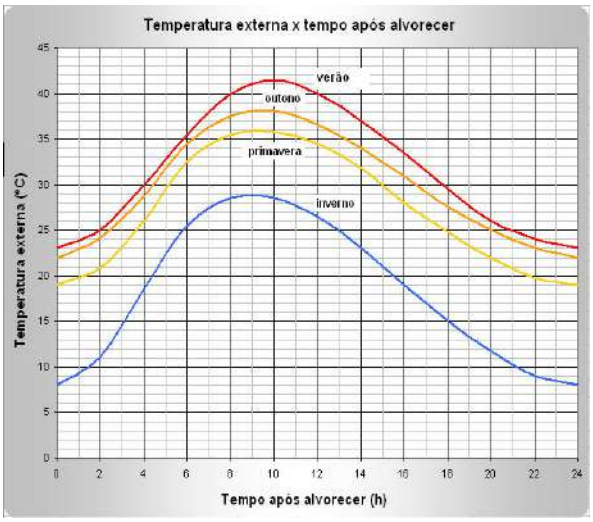


Figura 2. Variação da temperatura externa, após o alvorecer, para as 4 estações do ano. (adaptado de Porta-Gándara et al, 2002).

No presente trabalho é apresentada uma síntese do “Capítulo 10” de Faria (2007), relatório de um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP, em continuidade à pesquisa de doutorado do autor (Faria, 2002). Parte deste projeto foi apresentada por Faria *et al.* (2007). No projeto foram construídos três protótipos de habitação de interesse social (HIS), compostos por uma sala-cozinha, um banheiro e um dormitório (com área útil de 50 m^2), um com adobes, outro com blocos de concreto e outro com blocos cerâmicos. O objetivo do projeto foi avaliar a aplicação de adobe na produção de HIS e fazer uma avaliação comparativa de custos e conforto térmico com dois materiais convencionais.

Na figura 3 é apresentada uma vista panorâmica da face norte dos protótipos, na qual estavam posicionadas as paredes cegas, para aumentar a superfície de incidência do sol e destacar as diferenças de comportamento dos materiais de vedação. Pelo mesmo motivo, as paredes foram pintadas na cor grafite. As janelas estavam voltadas para a face sul.

Figura 3. Vista geral da face norte dos três protótipos: adobes (A), blocos de concreto (C) e blocos cerâmicos (B). (adaptado de Faria, 2007).

Dentre outros aspectos, foi avaliado o desempenho térmico teoricamente, de acordo com a norma brasileira NBR 15220-2 (ABNT, 2005), e medidos alguns destes parâmetros experimentalmente, através de instrumentação adequada dos protótipos, com sistema de aquisição de dados informatizado. No presente trabalho é apresentada apenas a avaliação teórica, como exemplo de aplicação da metodologia proposta pela norma.

2. PARÂMETROS DE DESENPENHO TÉRMICO DE PAREDES, SEGUNDO A NBR 15220-2 (ABNT, 2005)

Segundo a norma brasileira NBR 15220-2 (ABNT, 2005), ainda pouco utilizada, os principais parâmetros de desempenho térmico de paredes são: ***a)*** *Resistência térmica* (de superfície a superfície, ou de ambiente a ambiente); ***b)*** *Transmitância térmica*; ***c)*** *Capacidade térmica*; ***d)*** *Atraso térmico*; e ***e)*** *Fator de ganho de calor solar*. Neste item são apresentados os conceitos e as principais equações para o cálculo destes parâmetros e, a seguir, os seus cálculos para os três tipos de material de vedação utilizados nos protótipos (adobe, blocos de concreto e blocos cerâmicos).

Os parâmetros apresentados a seguir constituem uma síntese das definições da NBR 15220-2 (ABNT, 2005), voltadas à situação da presente pesquisa.

2.1 Resistência térmica de um componente

A resistência térmica (***R***) de uma camada homogênea de material sólido, é determinada pela equação 1.

$$R = e/\lambda \tag{1}$$

onde: R : resistência térmica da camada (m^2.K / W)
e : espessura da camada (m)
λ : condutividade térmica do material (W / m.K)

A resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano (***R_t***), constituído de ***camadas homogêneas***, perpendiculares ao fluxo de calor, é determinada pela equação 2.

$$R_t = R_{t1} + R_{t2} + ... + R_{tn} + R_{ar1} + R_{ar2} + ... + R_{arn} \tag{2}$$

onde: R_t : resistência térmica, de superfície a superfície do componente (m^2.K / W)
R_{ti} : resistência térmica da camada "i" do componente (m^2.K / W)
$R_{ar\,i}$: resistência térmica da camada de ar "i" do componente (m^2.K / W)

A resistência térmica do componente, de ambiente a ambiente, ou resistência térmica total (***R_T***), é dada pela equação 3.

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si} \tag{3}$$

onde: R_T : resistência térmica, de ambiente a ambiente (m^2.K / W)
R_t : resistência térmica, de superfície a superfície do componente (m^2.K / W)
R_{se} : resistência superficial externa, obtida da *tabela A.1* da norma (m^2.K / W)
R_{si} : resistência superficial interna, obtida da *tabela A.1* da norma (m^2.K / W)

A resistência térmica de superfície a superfície de um componente plano (***R_t***), constituído de ***camadas não homogêneas***, perpendiculares ao fluxo de calor, é determinada pela equação 4.

$$R_t = \frac{A_a + A_b + ... + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + ... + \frac{A_n}{R_n}} \tag{4}$$

onde: R_t : resistência térmica, de ambiente a ambiente (m^2.K / W)
$A_a, A_b, ... A_n$: áreas de cada seção (m^2)
$R_a, R_a, ..., R_n$: resistência térmica de superfície a superfície, para cada seção (m^2.K / W)

2.2 Transmitância térmica de componentes

A transmitância térmica (ou *coeficiente global de transferência de calor*) de componentes (***U***), ambiente a ambiente, é dada pela equação 5.

$$U = 1/R_T \tag{5}$$

onde: U : resistência térmica da camada (m^2.K / W)
R_T : resistência térmica, de ambiente a ambiente (W /m^2.K)

2.3 Capacidade térmica de componentes

A capacidade térmica de componentes (***C_T***), com ***camadas homogêneas*** é dada pela equação 6.

$$C_T = \sum_{i=1}^{n} e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \qquad (6)$$

onde: C_T : capacidade térmica do componente (kJ / m^2.K)
e_i : espessura da camada iª(m)
c_i : calor específico do material da camada iª (kJ / kg.K)
ρ_i : densidade de massa aparente do material da camada iª (kg / m^3)

A capacidade térmica de componentes (***C_T***), com camadas ***não homogêneas*** é dada pela equação 7.

$$C_T = \frac{A_a + A_b + ... + A_n}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{A_b}{C_{Tb}} + ... + \frac{A_n}{C_{Tn}}} \qquad (7)$$

onde: C_T : capacidade térmica, de ambiente a ambiente (kJ / m^2.K)
$A_a, A_b, ... A_n$: áreas de cada seção (m^2)
$C_{Ta}, C_{Ta}, ..., C_{Tn}$: capacidades térmicas do componente, para cada seção (kJ / m^2.K)

2.4 Atraso térmico de componentes

O atraso térmico (***φ***) de uma placa ***homogênea*** (constituída por um único material), com espessura "e" e submetida a um regime térmico variável e senoidal, com período de 24h, é dada pela equação 8.

$$\varphi = 0{,}7284 \cdot \sqrt{R_T \cdot C_T} \qquad (8)$$

onde: φ : atraso térmico (h)
C_T : capacidade térmica do componente (kJ / m^2.K)
R_T : resistência térmica do componente (W /m^2.K)

No caso de componente ***heterogêneo*** (formado por diferentes materiais, superpostos em "n" camadas paralelas às faces perpendiculares ao fluxo de calor), o atraso térmico varia conforme a ordem das camadas e pode ser calculado pela equação 9.

$$\varphi = 1{,}382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \qquad (9)$$

onde: φ : atraso térmico (h)
R_t : resistência térmica de superfície a superfície do componente (W /m^2.K)
$B_1 = 0{,}226\ B_0 / R_t$ $\qquad B_0 = C_T - C_{Text}$

$$B_2 = 0{,}205 \cdot \left[\frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right] \cdot \left(R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right)$$ *(considerar B_2 nulo caso seja negativo)*

C_T : capacidade térmica total do componente (kJ / m^2.K)
C_{Text} : capacidade térm. da camada mais externa do componente (kJ / m^2.K)
R_{ext} : resist. térm. da última camada do componente, junto à face externa (W/m^2.K)
λ_i : condutividade térmica do material da camada iª (W / m.K)
ρ_i : densidade de massa aparente do material da camada iª (kg / m^3)
c_i : calor específico do material da camada iª (kJ / kg.K)

2.5 Fator de ganho de calor solar de elementos opacos

O fator de ganho de calor solar de elementos opacos, ou apenas fator solar de elementos opacos (***FS$_O$***), é dado pela equação

$$FS_O = 100 \cdot U \cdot \alpha \cdot R_{se} \qquad (10)$$

onde: FS_o : fator solar de elementos opacos (%)
U : transmitância térmica do componente (m^2.K / W)
α: absortância á radiação solar – função da cor (***tabela B.2*** da norma)
R_{se} : resistência superficial externa (***tabela A.1*** da norma)

OBS: Quando se respeitar um limite de fator solar, para uma determinada região climática (NBR 15220-3), pode-se determinar o máximo valor de α em função do fator solar e da transmitância térmica, de acordo com a equação 11.

$$\alpha \leq FS_O / (4 \cdot U) \qquad (11)$$

Com este cálculo, pode-se escolher a cor mais adequada à pintura das paredes.

3. CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO DAS PAREDES PARA OS TRÊS MATERIAIS

Neste item são apresentados os cálculos dos parâmetros descritos no item anterior, para cada um dos três materiais de vedação: adobe, tijolo cerâmico alveolar ("baiano" de 8 furos) e blocos de concreto.

3.1 Paredes de adobe, rebocadas em ambas as faces

Na figura 4 são apresentadas as características geométricas das paredes do protótipo construído com adobes de 11,3 cm x 13 cm x 26,8 cm (dimensões médias).

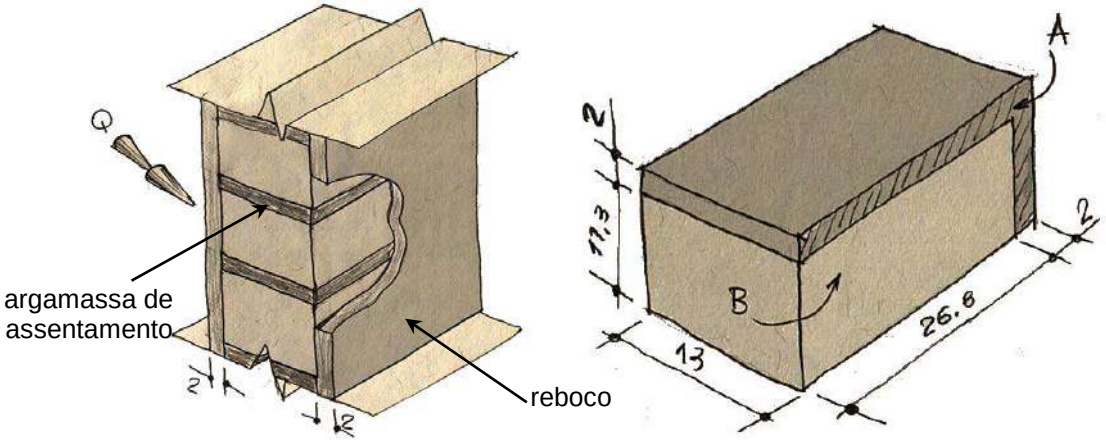


Figura 4. Representação esquemática da parede de adobe e do elemento isolado, com suas características geométricas.

a) Resistência térmica da parede (superfície a superfície)

<u>*SEÇÃO A*</u> (reboco + argamassa + reboco)

Pelas equação 1 e 2, considerando-se $\lambda_{reboco} = \lambda_{argamassa}$ = 1,15 W/mK (da tabela B.3 da norma), tem-se:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \qquad \Rightarrow \boldsymbol{R_a = 0{,}1478\ (m^2.K)/\ W}$$

A área da seção A, é calculada por $A_a = (0{,}02 \times 0{,}268) + (0{,}02 \times 0{,}133)$ $\Rightarrow$ ***A$_a$ = 0,0080 m^2***

<u>*SEÇÃO B*</u> (reboco + adobe + reboco)

Dos materiais listados na tabela B.3, o que mais se aproxima do adobe ($\rho_{ap} \cong 1.700\ kg/m^3$) é o tijolo cerâmico, com ρ_{ap} *entre 1.600 e 1.800 kg/m³*, pode-se considerar $\lambda_{adobe} = 1{,}00\ W/mK$. Cabe salientar que Battistelle (2002) encontrou, experimentalmente, resultado muito próximo deste, para condutividade térmica ($\lambda_{adobe\ Battistelle} = 0{,}98\ W/mK$); assim como Stulz (2000).

A área da seção B, é calculada por $A_b = (0{,}113 \times 0{,}268)$ $\Rightarrow$ $\boldsymbol{A_b = 0{,}0303\ m^2}$

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{adobe}}{\lambda_{adobe}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$ $\Rightarrow$ $\boldsymbol{R_b = 0{,}1648\ (m^2.K)/\ W}$

Portanto, pela equação 4, a resistência térmica (***R_t***) da parede, superfície à superfície, será:

R_t = 0,1609 (m^2.K)/ W

b) Resistência térmica total (de ambiente a ambiente)

Considerando-se, da tabela A.1 (para fluxo horizontal), que $R_{se} = 0{,}04\ (m^2.K)/W$ e $R_{si} = 0{,}13\ (m^2.K)/W$, a resistência térmica total (***R_T***), de ambiente a ambiente, calculada pela equação 3, será: **R_T = 0,3309 (m^2.K)/ W**

c) Transmitância térmica

A transmitância térmica (***U***) da parede, calculada pela equação 5, será: **U = 3,02 W /(m^2.K)**

d) Capacidade térmica da parede

Da tabela B.3, da norma, tem-se:

$c_{reboco} = c_{argamassa} = 1{,}00\ kJ/(kg.K)$ $c_{adobe} = 0{,}92\ kJ/(kg.K)$
$\rho_{reboco} = \rho_{argamassa} = 2.000\ kg/m^3$ $\rho_{adobe} = 1.700\ kg/m^3$

SEÇÃO A (reboco + argamassa + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Ta} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{argamassa} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco}$$ $\Rightarrow$ $\boldsymbol{C_{Ta} = 340\ kJ/(m^2.K)}$

SEÇÃO B (reboco + adobe + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tb} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{adobe} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco}$$ $\Rightarrow$ $\boldsymbol{C_{Tb} = 283{,}32\ kJ/(m^2.K)}$

Portanto, pela equação 7, a capacidade térmica da parede será: $\Rightarrow$ **C_T = 293 kJ/(m^2.K)**

e) Atraso térmico da parede

Considerando-se que:

$R_{ext} = R_{reboco} = 0{,}02/1{,}15 = 0{,}0174\ (m^2.K)/\ W$ (da equação 1)
$R_t = 0{,}1609\ (m^2.K)/\ W$ $C_T = 293\ kJ/(m^2.K$
$C_{Text} = C_{Treboco} = (0{,}02\ .\ 1{,}00\ .\ 2000) = 40\ kJ/(m^2.K)$

Da equação 9, tem-se: $B_0 = 253\ kJ/(m^2 \cdot K)$ $B_1 = 355{,}36$ $B_2 = 8{,}91$

Portanto, o atraso térmico da parede (φ) será dado por:

$$\varphi = 1{,}382 \cdot 0{,}1609 \cdot \sqrt{355{,}36 + 8{,}91}$$ $\Rightarrow$ **φ = 4,24 horas**

f) Fator de ganho de calor solar

Considerando-se que:

$R_{se} = 0{,}04\ (m^2.K)/W$ (da tabela A.1) $\alpha = 0{,}97$ (da tabela B.2) $U = 3{,}02\ W/(m^2.K)$

O fator de ganho de calor solar (***FS$_O$***) da parede pode ser calculado pela equação 10: $\Rightarrow$ **FS$_O$ = 11,7 %**

De acordo com a NBR 15220-3, a construção se situa na Zona Bioclimática 3; portanto, recomendam-se (paredes pesadas): *U* $\leq$ *2,20 W /(m^2.K)* $\varphi \geq$ *6,5 horas* *FS$_O$* $\leq$ *3,5 %*

Dessa forma, o limite máximo de absortância recomendado pode ser calculado pela equação 11: $\Rightarrow \alpha \leq 0{,}29$

OBS: Portanto, para se respeitar este limite, de acordo com a tabela B.2, as paredes deveriam ser pintadas de branco *(α=0,20)* ou de amarelo *(α=0,20)*. No presente trabalho, as paredes foram pintadas na cor grafite, justamente para evidenciar ao máximo as diferenças de comportamento térmico entre os três materiais (adobe, concreto e cerâmico), na etapa de aquisição de dados experimentais ("medições").

3.2 Paredes de blocos de concreto, rebocadas em ambas as faces

Na figura 5 são apresentadas as características geométricas das paredes do protótipo construído com blocos de concreto com duas células.

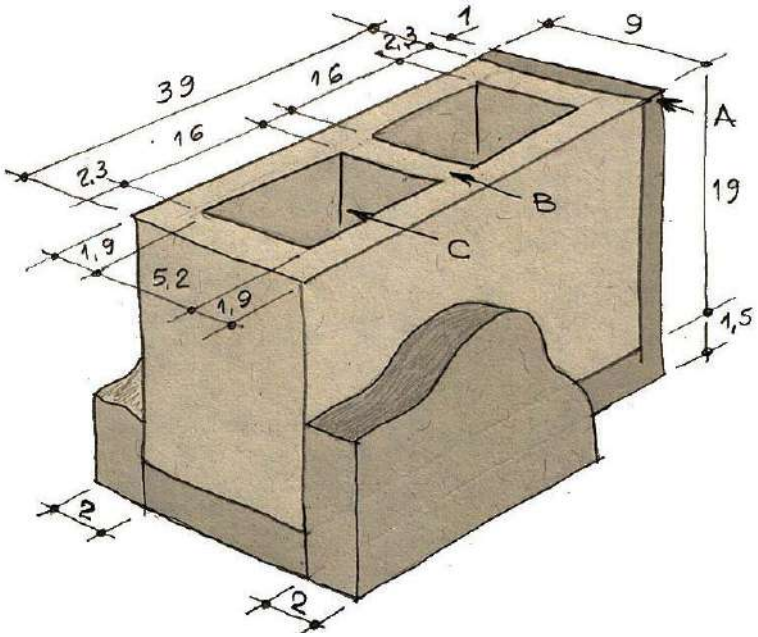


Figura 5. Representação esquemática da parede de blocos de concreto e do elemento isolado, com suas características geométricas.

a) Resistência térmica da parede (superfície a superfície)

<u>*SEÇÃO A*</u> (reboco + argamassa + reboco)

Pelas equação 1 e 2, considerando-se $\lambda_{reboco} = \lambda_{argamassa}$ = 1,15 W/mK (da tabela B.3 da norma), tem-se:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{argamassa}}{\lambda_{argamassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$ $\Rightarrow$ ***R$_a$ = 0,1130 (m^2.K)/ W***

A área da seção A, é calculada por: $A_a = (0{,}015 \times 0{,}39) + (0{,}01 \times 0{,}205)$ $\Rightarrow$***A$_a$ = 0,0079 m^2***

<u>*SEÇÃO B*</u> (reboco + concreto + reboco)

Da tabela B.3, as características do concreto normal são:

ρ_{ap} *= 2.400 kg/m^3* ; $\lambda_{concreto}$ *= 1,75 W/mK*.

A área da seção B, é calculada por: $A_b = (0{,}023 \times 0{,}190)$ $\Rightarrow$ ***A$_b$ = 0,0044 m^2***

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$ $\Rightarrow$ ***R_b = 0,1434 (m^2.K)/ W***

<u>*SEÇÃO C*</u> (reboco + concreto + câmara de ar + concreto + reboco)

Para a câmara de ar, da tabela B.1 (para superfície de alta emissividade, espessura da câmara de ar > 5cm, fluxo horizontal), tem-se ***R_{ar} = 0,17 (m^2.K)/ W***.

A área da seção C, é calculada por: $A_c = (0{,}160 \times 0{,}190)$ $\Rightarrow$ ***A_c = 0,0304 m^2***

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_c = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + R_{ar} + \frac{e_{concreto}}{\lambda_{concreto}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}}$$ $\Rightarrow$ ***R_c = 0,2184 (m^2.K)/ W***

Como cada elemento da parede é composto por ***1 seção A***, ***3 seções B*** e ***2 seções C***, pela equação 4, a resistência térmica (***R_t***) da parede, superfície a superfície, será:

$$R_t = \frac{A_a + (3 \cdot A_b) + (2 \cdot Ac)}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{(3 \cdot A_b)}{R_b} + \frac{(2 \cdot A_c)}{Rc}}$$ $\Rightarrow$ **<u>R_t = 0,1860 (m^2.K)/ W</u>**

b) Resistência térmica total (de ambiente a ambiente)

Considerando-se, da tabela A.1 (para fluxo horizontal), que *R_{se} = 0,04 (m^2.K)/W* e *R_{si} = 0,13 (m^2.K)/W*, a resistência térmica total (***R_T***), de ambiente a ambiente, calculada pela equação 3, será: $R_T = 0{,}04 + 0{,}1860 + 0{,}13$ $\Rightarrow$ **<u>R_T = 0,3560 (m^2.K)/ W</u>**

c) Transmitância térmica

A transmitância térmica (***U***)da parede, calculada pela equação 5, será:

$$U = \frac{1}{0{,}3560} \Rightarrow$$ **<u>U = 2,81 W /(m^2.K)</u>**

d) Capacidade térmica da parede

Da tabela B.3, da norma, tem-se:

c_{reboco} = $c_{argamassa}$ = 1,00 kJ/(kg.K) *$c_{concreto}$ = 1,00 kJ/(kg.K)*

ρ_{reboco} = $\rho_{argamassa}$ = 2.000 kg/m^3 *$\rho_{concreto}$ = 2.400 kg/m^3*

<u>*SEÇÃO A*</u> (reboco + argamassa + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Ta} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\arg amassa} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco}$$ $\Rightarrow$ ***C_{Ta} = 260 kJ/(m^2.K)***

<u>*SEÇÃO B*</u> (reboco + concreto + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tb} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco}$$ $\Rightarrow$ ***C_{Tb} = 296 kJ/(m^2.K)***

<u>*SEÇÃO C*</u> (reboco + concreto + câmara de ar + concreto + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tc} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{ar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{concreto} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco}$$

Desprezando-se a capacidade térmica do ar, tem-se: $\Rightarrow$ ***C_{Tc} = 171,2 kJ/(m^2.K)***

Como cada elemento da parede é composto por ***1 seção A***, ***3 seções B*** e ***2 seções C***, pela equação 7, a resistência térmica (***R_t***) da parede, superfície à superfície, será:

$$C_T = \frac{A_a + (3 \cdot A_b) + (2 \cdot Ac)}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{(3 \cdot A_b)}{C_{Tb}} + \frac{(2 \cdot A_c)}{C_{Tc}}} \quad \Rightarrow \underline{\mathbf{C_T = 190\ kJ/(m^2.K)}}$$

e) Atraso térmico da parede

Considerando-se que:

R_{ext} = R_{reboco} = 0,02/1,15 = 0,0174 (m^2.K)/ W (da equação 1)
R_t = 0,1860 (m^2.K)/ W C_T = 190 kJ/(m^2.K)
C_{Text} = $C_{Treboco}$ = (0,02 . 1,00 . 2000) = 40 kJ/(m^2.K)

Da equação 9, tem-se: $B_0 = 150\ kJ/(m^2 \cdot K)$ $B_1 = 182{,}26$ $B_2 = 1{,}37$

Portanto, o atraso térmico da parede (***φ***) será dado por:

$$\varphi = 1{,}382 \cdot 0{,}1860 \cdot \sqrt{182{,}26 + 1{,}37} \quad \Rightarrow \quad \underline{\mathbf{\varphi = 3{,}48\ horas}}$$

f) Fator de ganho de calor solar

Considerando-se que:

R_{se} = 0,04 (m^2.K)/W (da tabela A.1) *α = 0,97* (da tabela B.2) *U = 2,81 W /(m^2.K)*

O fator de ganho de calor solar (***FS_O***) da parede pode ser calculado pela equação 10: $\Rightarrow$ **$\underline{FS_O = 10{,}90\ \%}$**

De acordo com a NBR 15220-3, a construção se situa na Zona Bioclimática 3; portanto, recomendam-se (paredes pesadas): *U $\leq$ 2,20 W /(m^2.K)* *$\varphi \geq$ 6,5 horas* *$FS_O \leq$ 3,5 %*

Dessa forma, o limite máximo de absortância recomendado pode ser calculado pela equação 11: $\alpha \leq 3{,}5/(4 \cdot 2{,}81)$ $\Rightarrow \alpha \leq 0{,}31$

OBS: Portanto, para se respeitar este limite, de acordo com a tabela B.2, as paredes deveriam ser pintadas de amarelo (*α=0,30*) ou de branco (*α=0,20*). No presente trabalho, as paredes foram pintadas na cor grafite, justamente para evidenciar ao máximo as diferenças de comportamento térmico entre os três materiais (adobe, concreto e cerâmico).

3.3 Paredes de blocos cerâmicos (8 furos), rebocadas em ambas as faces

Na figura 6 são apresentadas, esquematicamente, as características geométricas das paredes do protótipo construído com blocos cerâmicos de 8 furos, observando-se que foi necessário (para simplificar os cálculos) fazer uma simplificação da seção do tijolo, como mostrado no desenho menor (canto superior esquerdo da figura).

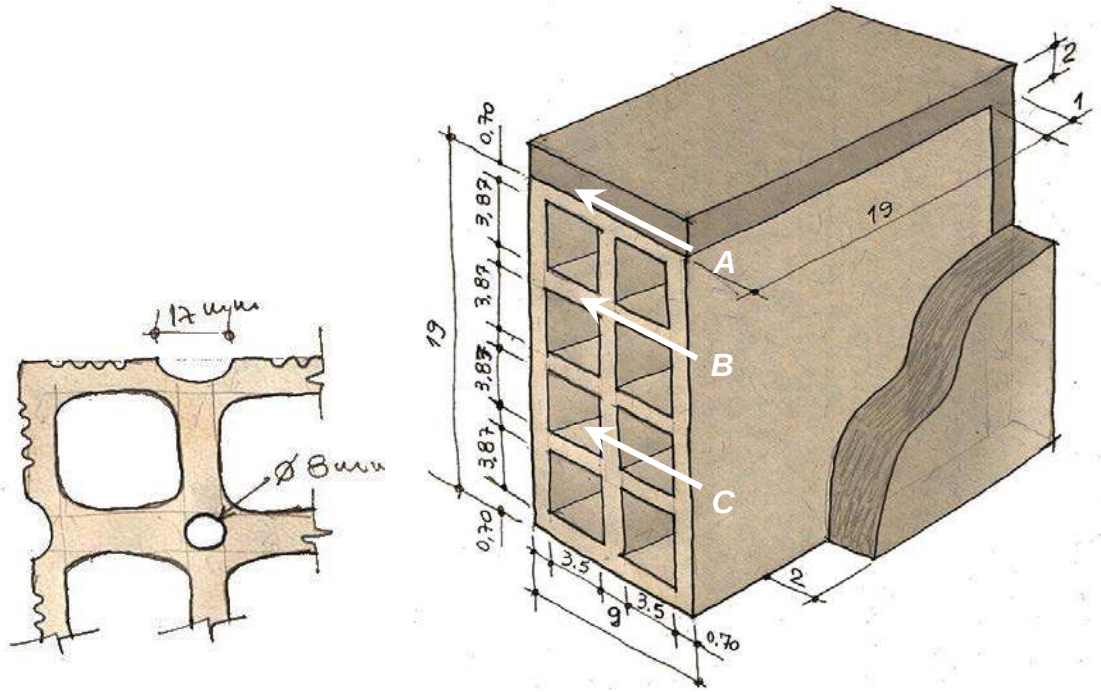


Figura 6. Representação esquemática da parede de bloco cerâmico e do elemento isolado, com suas características geométricas e seções (A, B e C), vendo-se à esquerda os detalhes da seção real do bloco.

a) Resistência térmica da parede (superfície a superfície)

<u>*SEÇÃO A*</u> (reboco + argamassa + reboco)

Pelas equação 1 e 2, considerando-se $\lambda_{reboco} = \lambda_{argamassa} = 1{,}15$ W/mK (da tabela B.3 da norma), tem-se:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{\arg amassa}}{\lambda_{\arg amassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \qquad \Rightarrow \boldsymbol{R_a = 0{,}1130\ (m^2.K)/\ W}$$

A área da seção A, é calculada por: $A_a = (0{,}010 \times 0{,}19) + (0{,}02 \times 0{,}200)$ $\Rightarrow$ ***A_a = 0,0059 m^2***

<u>*SEÇÃO B*</u> (reboco + cerâmica + reboco)

Da tabela B.3, as características da cerâmica média são: $\rho_{cerâmica}$ = *1.600 kg/m³* ; $\lambda_{cerâmica}$ *= 0,90 W/mK*.

A área da seção B, é calculada por: $A_b = (0{,}007 \times 0{,}190)$ $\Rightarrow$ ***A_b = 0,0013 m^2***

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \qquad \Rightarrow \boldsymbol{R_b = 0{,}2459\ (m^2.K)/\ W}$$

<u>*SEÇÃO C*</u> (reboco + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + reboco)

Para a câmara de ar, da tabela B.1 (para superfície de alta emissividade, espessura da câmara de ar < 5cm, fluxo horizontal), tem-se ***R_{ar} = 0,16 (m^2.K)/ W***.

A área da seção C, é calculada por: $A_c = (0{,}0387 \times 0{,}190)$ $\Rightarrow$ ***A_c = 0,0074 m^2***

Pelas equação 1 e 2, tem-se:

$$R_c = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} \Rightarrow \mathbf{R_c = 0{,}3781\ (m^2.K)/\ W}$$

Como cada elemento da parede é composto por ***1 seção A***, ***5 seções B*** e ***4 seções C***, pela equação 4, a resistência térmica (***R_t***) da parede, superfície à superfície, será:

$$R_t = \frac{A_a + (5 \cdot A_b) + (4 \cdot Ac)}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{(5 \cdot A_b)}{R_b} + \frac{(4 \cdot A_c)}{Rc}} \Rightarrow \underline{\mathbf{R_t = 0{,}2676\ (m^2.K)/\ W}}$$

b) Resistência térmica total (de ambiente a ambiente)

Considerando-se, da tabela A.1 (para fluxo horizontal), que R_{se} = *0,04 (m^2.K)/W* e R_{si} = *0,13 (m^2.K)/W*, a resistência térmica total (***R_T***), de ambiente a ambiente, calculada pela equação 3, será: $R_T = 0{,}04 + 0{,}2676 + 0{,}13$ $\Rightarrow$ **$\underline{R_T = 0{,}4376\ (m^2.K)/\ W}$**

c) Transmitância térmica

A transmitância térmica (***U***) da parede, calculada pela equação 5, será:

$$U = \frac{1}{0{,}4376} \Rightarrow \underline{\mathbf{U = 2{,}29\ W\ /(m^2.K)}}$$

d) Capacidade térmica da parede

Da tabela B.3, da norma, tem-se:

$c_{reboco} = c_{argamassa}$ = *1,00 kJ/(kg.K)* $c_{cerâmica}$ = *0,92 kJ/(kg.K)*
$\rho_{reboco} = \rho_{argamassa}$ = *2.000 kg/m^3* $\rho_{cerâmic}$ = *1.600 kg/m^3*

<u>*SEÇÃO A*</u> (reboco + argamassa + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Ta} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\arg amassa} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow \mathbf{C_{Ta} = 260\ kJ/(m^2.K)}$$

<u>*SEÇÃO B*</u> (reboco + cerâmica + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tb} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâmica} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reboco} \Rightarrow \mathbf{C_{Tb} = 90\ kJ/(m^2.K)}$$

<u>*SEÇÃO C*</u> (reboco + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + reboco)

Pela equação 6, tem-se:

$$C_{Tc} = (e \cdot c \cdot \rho)_{reb} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâm} + C_{Tar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâm} + C_{Tar} + (e \cdot c \cdot \rho)_{cerâm} + (e \cdot c \cdot \rho)_{reb}$$

Desprezando-se a capacidade térmica do ar, tem-se: $\Rightarrow$ ***C_{Tc} = 111 kJ/(m^2.K)***

Como cada elemento da parede é composto por ***1 seção A***, ***5 seções B*** e ***4 seções C***, pela equação 7, a resistência térmica (***R_t***) da parede, superfície à superfície, será:

$$C_T = \frac{A_a + (5 \cdot A_b) + (4 \cdot Ac)}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{(5 \cdot A_b)}{C_{Tb}} + \frac{(4 \cdot A_c)}{C_{Tc}}} \Rightarrow \underline{\mathbf{C_T = 116\ kJ/(m^2.K)}}$$

e) Atraso térmico da parede

Considerando-se que:

$R_{ext} = R_{reboco} = 0{,}02/1{,}15 = 0{,}0174\ (m^2.K)/\ W$ (da equação 1)
$R_t = 0{,}2676\ (m^2.K)/\ W$ $C_T = 116\ kJ/(m^2.K)$
$C_{Text} = C_{Treboco} = (0{,}02\ .\ 1{,}00\ .\ 2000) = 40\ kJ/(m^2.K)$

Da equação 9, tem-se: $B_0 = 76\ kJ/(m^2 \cdot K)$ $B_1 = 64{,}19$ $B_2 = -13{,}43$

Como $B_2<0$, a norma recomenda considerá-lo nulo. Portanto, o atraso térmico da parede (φ) será dado por: $\varphi = 1{,}382 \cdot 0{,}2676 \cdot \sqrt{64{,}19 + 0}$ $\Rightarrow$ **φ = 2,96 horas**

f) Fator de ganho de calor solar

Considerando-se que:

$R_{se} = 0{,}04\ (m^2.K)/W$ (da tabela A.1) $\alpha = 0{,}97$ (da tabela B.2) $U = 2{,}29\ W/(m^2.K)$

O fator de ganho de calor solar (***FS$_O$***) da parede pode ser calculado pela equação 10: $FS_O = 100 \cdot 2{,}29 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}04$ $\Rightarrow$ **FS$_O$ = 8,89 %**

De acordo com a NBR 15220-3, a construção se situa na Zona Bioclimática 3; portanto, recomendam-se (paredes pesadas): $U \leq 2{,}20\ W/(m^2.K)$ $\varphi \geq 6{,}5$ *horas* $FS_O \leq 3{,}5\ \%$

Dessa forma, o limite máximo de absortância recomendado pode ser calculado pela equação 11: $\alpha \leq 3{,}5/(4 \cdot 2{,}29)$ $\Rightarrow \alpha \leq 0{,}38$

OBS: Portanto, para se respeitar este limite, de acordo com a tabela B.2, as paredes deveriam ser pintadas de amarelo ($\alpha=0{,}30$) ou de branco ($\alpha=0{,}20$). No presente trabalho, as paredes foram pintadas na cor grafite, justamente para evidenciar ao máximo as diferenças de comportamento térmico entre os três materiais (adobe, concreto e cerâmico).

Na tabela 1 é apresentado um resumo dos resultados dos parâmetros calculados, para cada uma das três paredes (adobe, blocos de concreto e bloco cerâmico de 8 furos), para que se possa mais facilmente comparar o desempenho dos três materiais.

Tabela 1. Resumo dos parâmetros de desempenho térmico das paredes com os três materiais.

PARÂMETROS	MATERIAIS (espessura das paredes)		
	Adobe (17 cm)	**Concreto (13 cm)**	**Cerâmico (13 cm)**
***R$_t$* (m^2.K/ W)**	0,1609	0,1860	0,2676
***R$_T$* (m^2.K/ W)**	0,3309	0,3560	0,4376
***U* (W /m^2.K)**	3,02	2,81	2,29
***C$_T$* (kJ/m^2.K)**	293	190	116
***φ* (horas)**	4,24	3,48	2,96
***FS$_O$* (%)**	11,7	10,90	8,89

R$_t$ Resistência térmica do componente, de superfície à superfície
R$_T$ Resistência térmica do componente, de ambiente a ambiente
U Transmitância térmica do componente ***C$_T$*** Capacidade térmica da parede
φ Atraso térmico da parede ***FS$_O$*** Fator de ganho de calor solar da parede

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados apresentados por Porta-Gándara *et al*. (2002) (figuras 1 e 2), poder-se-ía concluir que a parede de adobe é 5 vezes mais isolante térmica que a de blocos de concreto, no entanto, como sua espessura é 2,5 vezes a de concreto, essa vantagem deve ser consideravelmente minorada. Esse fato ajuda a explicar a afirmação dos leigos de que "*a casa de terra é muito mais confortável que a de outros materiais*", já que nessa afirmativa não é levado em consideração o fato de que, normalmente, as paredes de terra são muito mais espessas que as produzidas com os materiais convencionais. A seguir, são

apresentadas algumas considerações sobre os resultados obtidos com o presente trabalho e que estão resumidos na tabela 1. Considerando-se que as espessuras das camadas de revestimento foram iguais, 2 cm para todas as paredes, os adobes possuíam espessura de 13 cm, 44% maior que a dos blocos de concreto e os blocos cerâmicos, ambos com 9 cm. Portanto, as comparações entre estes dois últimos pode ser direta e entre eles e o adobe devem ser ponderadas.

De acordo com as definições da norma NBR 15220-1 (ABNT, 2005), quanto menor a ***resistência térmica*** do elemento (R_t ou R_T), maior será sua condutividade térmica. Considerando-se que é desejável que o componente seja o mais isolante térmico possível, o adobe mostrou-se desvantajoso com relação a este parâmetro, já que sua R_T foi 7,1% inferior à da parede de concreto e 24,4% inferior à da parede de blocos cerâmicos. Considerando-se que a espessura da parede de adobes é maior que as outras duas, esta desvantagem aumenta.

Com relação à ***transmitância térmica*** do componente (***U***), como este parâmetro é o inverso de R_T, quanto maior seu valor, maior será a condutividade térmica do componente e é válida a mesma avaliação desvantajosa para o adobe.

Como ***capacidade térmica*** (C_T) é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, pode-se afirmar que quanto maior seu valor, melhor o desempenho térmico do componente (melhor isolante térmico será). Com relação a este parâmetro a parede de adobe se mostrou significativamente vantajosa, com C_T 54,2% superior à da parede de concreto e 152,6% superior à da parede de blocos cerâmicos.

Como ***atraso térmico*** (φ) depende da capacidade térmica do componente é o tempo transcorrido entre uma variação térmica de um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo, submetido a um regime periódico de transmissão de calor, pode-se afirmar que quanto maior seu valor, melhor seu desempenho térmico. Com relação a este parâmetro a parede de adobe também se mostrou vantajosa, com φ 21,8% superior à da parede de concreto e 43,2% superior à da parede de blocos cerâmicos.

Como o ***fator de ganho de calor solar*** da parede (FS_O) é diretamente proporcional à transmitância térmica, multiplicada por dois coeficientes que não dependem do material (α e R_{SE}, da equação 10), é válida a mesma avaliação desvantajosa para o adobe.

De uma forma global, pode-se afirmar que a parede de adobe avaliada mostrou-se mais vantajosa com relação à maioria dos parâmetros de conforto analisados, já que os parâmetros nos quais ficou em desvantagem levam em consideração as mesmas variáveis (arranjadas de diferentes formas). A parte experimental do projeto de pesquisa, citado na introdução deste artigo, foi concluída e confirmou-se esta avaliação teórica. Concluindo, cabe salientar que estas vantagens são relativas e, em alguns casos, não muito significativas. Portanto, recomenda-se muita prudência e avaliação científica, antes de afirmar que as paredes de terra são muito superiores, em termos de conforto, que as de outros materiais. Há que ser levada em consideração também a geometria das paredes, principalmente sua espessura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-1 Desenpenho térmico de edificações.* Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT. 8p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-2 Desenpenho térmico de edificações.* Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT. 32p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-3 Desenpenho térmico de edificações.* Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT. 30p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-4 Desenpenho térmico de edificações.* Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. Rio de Janeiro: ABNT. 10p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). *NBR 15220-5 Desenpenho térmico de edificações.* Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluxométrico. Rio de Janeiro: ABNT. 10p.

Battistelle, R. A. G. (2002). *Análise da viabilidade técnica do resíduo de celulose e papel em tijolos de adobe.* São Carlos. 176p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Faria, O. B. (2002). *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe:* um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP). São Carlos, 200p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. (Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/).

Faria, O. B. (2007). *Utilização de macrófitas aquáticas e sedimento do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP) na produção de adobe, visando seu aproveitamento na construção de habitação de interesse social.* Bauru, 345p. Relatório científico final de pesquisa (Processo FAPESP nº 03/12460-4).

Faria, O. B.; Garcia, A. R.; Falavigna, J. P. T.; Ramos, S. C. (2007). *Caracterização de adobe, produzido com sedimento lacustre e biomassa de Eichhornia Crassipes, e sua utilização na construção de habitação de interesse social mais sustentável.* In: ATP Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 5., 2007, Aveiro. *Anais...* Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro, 2007. CD-ROM. p.1 - 12

Porta-Gándara, M. A.; Rubio, E.; Fernández, J. L. (2002). Economic feasibility of passive ambient confort in Baja California dwellings. *Building and Environment*. Amsterdam: Elsevier, v. 37, n. 10, p. 993-1001, out. 2002. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locat/buildenv>. Acesso em: 05 mar. 2012.

Stulz, R. (2000). *Roofing primer:* a catalogue of potential solutions. St. Gallen (Switzeland): SKAT. 395p. ISBN3908001927.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo financiamento da pesquisa; aos técnicos do Laboratório de Construção Civil e do Laboratório de Mecânica dos Solos do DEC/FEB-UNESP; e, aos alunos orientados de Trabalho de Graduação, pelo apoio com os ensaios.

Curriculo

Obede Borges Faria. Engenheiro Civil; Mestre em Arquitetura e Urbanismo - Tecnologia do Ambiente Construído; Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental; Professor do Departamento de Engenharia Civil (*Faculdade de Engenharia de Bauru*, da *UNESP - Universidade Estadual Paulista*); Presidente do Conselho Municipal de Habitação de Bauru-SP; Membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; Membro de comités científicos de vários periódicos. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/2435383614704158

Célia Neves. Engenheira Civil; Mestre em Engenharia Ambiental Urbana; Coordenadora da *Rede TerraBrasil*; Coordenadora do Proyecto de Investigación PROTERRA/HABYTED/CYTED, já finalizado; Membro da Rede Ibero-Americana PROTERRA; Consultora; Pesquisadora aposentada do CEPED – *Centro de Pesquisas e Desenvolvimento* da *Universidade do Estado da Bahia*. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/4056186394947507).

ESTUDIO QUÍMICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL AGLUTINANTE EN MUESTRAS ARQUITECTÓNICAS PREHISPÁNICAS

Yuko Kita[1], Annick Daneels[2], Alfonso Romo de Vivar[3]

1. Becaria del Programa de Becas Postdoctorales en la UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. kitayuko@gmail.com
2. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. annickdaneels@hotmail.com
3. Laboratorio de Productos Naturales, Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México. aromovi@unam.mx

Palabras claves: bitumen, Golfo de México, Espectroscopía de Infrarrojo, Espectrometría de Masas, Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear

RESUMEN

En 2012 se inició un programa de estudio químico mediante extracción de residuos de aglutinantes en 14 muestras de rellenos, adobes, pisos y aplanados, fechadas de 200-400 d.C., obtenidos en excavaciones en edificios de arquitectura de tierra monumental del sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México, ubicado en la planicie costera del Golfo en un ambiente de trópico húmedo. El interés por identificar un aglutinante orgánico deriva de la observación que la conservación de los edificios es mejor que la esperada considerando solo la composición mineral de los materiales de construcción, donde dominan arcillas expansivas de tipo montmorillonita, lo que lleva a suponer la presencia de un componente con efectos consolidantes e hidrofugantes.

El estudio químico de las muestras consistió en la extracción de residuos orgánicos mediante solventes hexano y metanol, y su análisis por medio de cromatografía de capa fina, espectroscopía de IR, Resonancia Magnética Nuclear protónica y de carbono 13, y espectrometría de masas. Los resultados hasta la fecha muestran la presencia de una mezcla de compuestos similar en todas las muestras, con mayor cantidad en los adobes. Los componentes identificados a la fecha consisten en hidrocarburos, un triglicérido y un azúcar. Para la identificación del origen del aglutinante, se están realizando de manera paralela estudios químicos de mucílagos usados en arquitectura vernácula en Centroamérica.

La importancia de identificar el aglutinante presente en la arquitectura prehispánica no solo reside en entender lo que hizo posible por miles de años una tradición constructiva de tierra cruda en un ambiente de trópico húmedo, tópico que releva de la historia de la tecnología, sino por las posibilidades que abre en la conservación de los vestigios arqueológicos y su posible aplicación a la construcción moderna.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

La arquitectura prehispánica en el sitio arqueológico de La Joya es un ejemplo de las construcciones monumentales hechas en tierra cruda en la zona de trópico húmedo en México. La Joya se encuentra en la planicie costera del Golfo, a 15 km de la ciudad moderna de Veracruz; se ubica en la confluencia de los ríos Jamapa y Cotaxtla, 6 km antes de su desembocadura en el Golfo (Figura 1). Hay 2 estaciones principales en el año: de época de lluvia (la pluviosidad anual llega a más de 1500 mm) en verano y otoño (junio – noviembre) con huracanes y la seca con “Nortes”, vientos secos fuertes, en invierno y primavera (diciembre – mayo).

A pesar de la afectación severa del sitio por la extracción de tierra para fabricación de ladrillos, las excavaciones que se han llevado a cabo desde 2004 han comprobado las existencia de una larga tradición de arquitectura de tierra cruda entre a.C. 200 y d.C. 1.000 (Preclásico tardío y Clásico) (Daneels, 2008a; 2008b; Piña Martínez, 2010; Daneels;

Guerrero-Baca, 2011; Liberotti; Daneels, 2012).

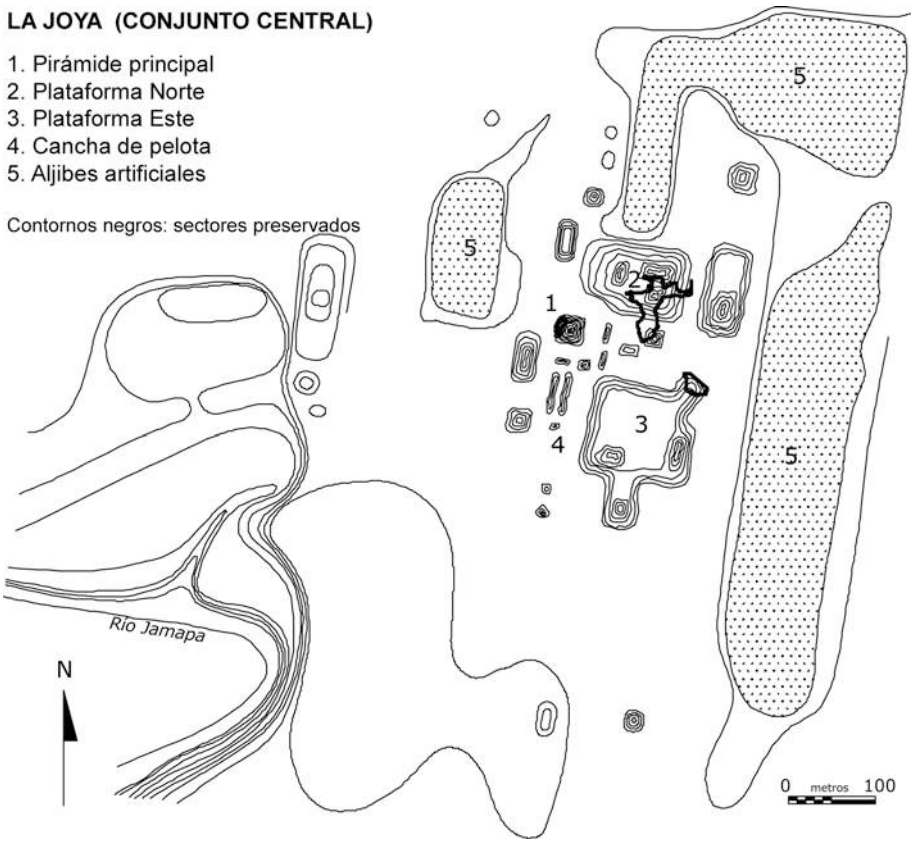


Figura 1. Esquema del sitio arqueológico de La Joya

1.2 Definición del problema

Desde 2009 se empezaron los estudios multidisciplinarios sobre la tecnología prehispánica de la arquitectura monumental de tierra por un equipo conformado por arqueólogos, arquitectos, ingenieros, químicos y biólogos. Se inició con análisis sobre 20 muestras de rellenos estructurales, adobes, pisos y repellos; Los análisis realizados fueron: difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX) y petrografía para identificar la composición química y mineralógica de las muestras, y los tipos de arcillas que contienen; granulometría (sedimentación) para conocer la proporción de arcillas; densidad y porosidad para conocer su comportamientos físico-químicos, resistencia a la compresión para definir sus características mecánicas; espectroscopía infrarroja (FTIR) para identificar el aglutinante orgánico; paleobotánica para identificar las pajas picadas (Daneels; Guerrero-Baca, 2011; Liberotti; Daneels, 2012). Los análisis químicos por DRX indican que arcillas en los materiales son principalmente esmectita (montmorillonita) y un poco de clorita. La fracción fina (< 2µm) conforma más del 40% en todas las muestras y en el caso de los aplanados llega hasta 60-70%. Por lo tanto, los edificios fueron construidos con mayor cantidad de materiales difíciles de controlar bajo las condiciones variables de temperatura y humedad relativa, lo que lleva a suponer la presencia de un estabilizante orgánico. Sin embargo, fue difícil reconocer las sustancias orgánicas por medio de IR sobre las muestras directas (Daneels; Guerrero-Baca, 2011: 13-17).

Buscando alternativas para la identificación del aglutinante, en 2011 se realizó una prueba por la resonancia magnética nuclear (RMN) en una muestra de repello prehispánico, por el Dr. Alfonso Romo de Vivar en el Instituto de Química de la UNAM. Se obtuvieron señales de sustancias orgánicas después de un proceso de 3 extracciones en metanol de la muestra de 105 g. El espectro de RMN protónica a 400MHz del extracto en metanol deuterado (CD_3OD) da señales de hidrocarburos, así mismo una posible existencia de azúcar (entre δ 3 y 3,8)[1].

Este resultado dio pie al presente estudio para la identificación de posible aglutinante en las muestras arquitectónicas prehispánicas.

1.3 Objetivos

El objetivo general de la investigación es la identificación de aglutinantes orgánicos que se utilizaron para la construcción monumental de tierra cruda en la época prehispánica en ambientes de trópico húmedo.

Los objetivos específicos son:

- determinar las sustancias orgánicas en los materiales de construcción prehispánicos;

- caracterizar químicamente las sustancias orgánicas de aglutinantes de uso etnográfico o arqueológico, para comparar con los resultados de estudios sobre las muestras prehispánicas;

- verificar la efectividad y función de aglutinantes vernáculos de uso etnográfico o arqueológico en construcción de tierra experimental (*in vitro* e *in situ*).

2. PREMISAS CONCEPTUALES

Se utilizan aditivos orgánicos naturales en los morteros de cemento, cal y/o tierra cruda en las construcciones modernas vernáculas y industriales, y en la restauración de monumentos históricos y sitios arqueológicos. Aunque no exista evidencia de su uso desde hace tiempo, se tiende considerarse que son materiales “tradicionales”.

El aglutinante mejor conocido y más estudiado es el mucílago de Nopal (*Opuntia* sp.), común en Latinoamérica, así como en el mundo mediterráneo donde se propagó extensamente (Aranda Jiménez, 2011; Cárdenas et al, 1998; Chandra et al, 1998; Fructuoso-Hernández, 2009; Hernández; Serrano, 2003; Hernández-Zaragoza et al, 2008; Kita, 2011; Kita et al, 2008; Ramsey, 1999; Sáenz, 2006; Torres Acosta; Cano Barrita, 2007; Torres Acosta et al, 2004; 2010). Sin embargo, aunque existen nopales silvestres y cultivados en la región de La Joya, por el clima trópico húmedo no son tan abundantes como en el altiplano central de México. En Centro América, bajo las mismas condiciones de clima, se encuentran entre las prácticas locales el uso de extractos de hojas y tallos de malva (*Sida rhombifolia*) (Flores, 2000) y de corteza de guácima (*Guazuma ulmifolia*) en la construcción o restauración de la arquitectura de tierra cruda, como aditivo para la mezcla o consolidante (Ohi; Girón, 2000). Estas plantas son abundantes en La Joya también, por lo que se consideró interesante profundizar sobre sus características y desempeño.

3. METODOLOGÍA: ANÁLISIS QUÍMICOS

3.1 Análisis sobre materiales originales

Se realizaron los análisis sobre 14 muestras de la construcción prehispánica de La Joya: 8 pisos, 2 repellos, 2 adobes y 2 rellenos, de los 2 edificios: Plataforma Norte (palacio) y el adoratorio adosado a la Pirámide, todas fechadas entre 200-400 d.C. (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de las muestras. Localización: La Joya, Municipal de Medellín de Bravo, Veracruz, México (19˚04’00’‘N96˚09’00”W; UTM zona 14 799799E 2110514N).

No.	*Estructura*	*Descripción*	*Fecha*
1	*Plataforma Norte*	*Firme y piso inferior*	*200-400 d.C.*
2	*Plataforma Norte*	*3 capas de pisos superiores*	*200-400 d.C.*
3	*Plataforma Norte*	*2 pisos superpuestos (arenoso y limoso)*	*200-400 d.C.*
4	*Plataforma Norte*	*Adobe suelto en relleno*	*200-400 d.C.*
5	*Plataforma Norte*	*Adobe hilera superior muro perimetral este*	*200-400 d.C.*

6	*Plataforma Norte*	*4 Repellos*	*200-400 d.C.*
7	*Pirámide SE*	*Relleno arenoso bajo piso de plaza*	*200 d.C.*
8	*Pirámide SE*	*Relleno mixto bajo piso*	*200 d.C.*
9	*Pirámide SE*	*2 capas de piso*	*200-400 d.C.*
10	*Pirámide SE*	*2 capas de piso*	*200-400 d.C.*
11	*Pirámide SE*	*2 capas de piso*	*200-400 d.C.*
12	*Pirámide SE*	*2 capas de piso*	*200-400 d.C.*
13	*Pirámide SE*	*3 capas de piso*	*200-400 d.C.*
14	*Pirámide SE*	*Repello arcilloso (desagregado)*	*200-400 d.C.*

3.2 Proceso de experimentación

Las muestras para análisis se prepararon según el siguiente procedimiento general: se pulveriza 300 g de cada muestra y se extrae con suficiente hexano, se agita con una varilla de vidrio y se deja reposar por 24 horas. Después se calienta a alrededor de 60°C por 15-30 minutos, se agita y se filtra la tierra pulverizada. Este proceso se repite 3 veces. El filtrado se concentra por evaporadora y se seca al vacío. Después se agrega metanol a los restos de cada muestra y se repite el mismo procedimiento de extracción en hexano.

Las sustancias orgánicas extraídas se mandan a analizar por IR, y ^{1}H RMN y ^{13}C RMN combinadas con los experimentos bidimensionales homonucleares (COSY) y heteronucleares (HSQC), y tridimensionales heteronucleares (HMBC). Algunas muestras fueron analizadas también por espectrometría de masas (MS).

Debido a que la cantidad de las sustancias orgánicas obtenida de cada muestra es muy escasa y que las sustancias consisten en una mezcla de varios compuestos, es difícil identificar cada compuesto y a veces apenas alcanza a realizar el análisis de IR. Ya que las gráficas de IR y RMN son parecidas, se juntaron todas las muestras extraídas para tener una cantidad mayor y así poder separar cada componente por la cromatografía de columna y tener una mejor idea de la estructura de diversos componentes.

El extracto combinado (212,5 mg) se mezcla con celita y se concentra. Se monta la columna de sílice con el extracto en celita y se agrega hexano a la columna, separando el filtrado cada 20 ml. Cuando con este proceso ya no salen sustancias orgánicas, se empieza a agregar acetato de etilo, aumentando cada vez 5–10% hasta llegar 100% de acetato de etilo, y después de misma manera se agrega metanol.

Paralelamente se realiza cromatografía de capa fina[2] para reconocer los compuestos de cada fracción y juntar las fracciones que contienen el mismo compuesto. Cuando contienen varias sustancias, se separan por cromatografía de capa fina[3].

Las sustancias orgánicas separadas se mandan a analizar por IR, ^{1}H RMN y ^{13}C RMN combinadas con los experimentos de COSY, HSQC y HMBC, y MS, dependiendo de la cantidad de cada muestra.

4. RESULTADOS

4.1 Espectroscopía de infrarrojo

Los espectros en el infrarrojo revelan la presencia de cantidades variables de ésteres por sus bandas en 1718 cm^{-1} y 1740 cm^{-1}, además de hidrocarburos principalmente lineales, los que se ponen de manifiesto en las fracciones menos polares por sus bandas a 2924 cm^{-1} y 722 cm^{-1} (Figura 2).

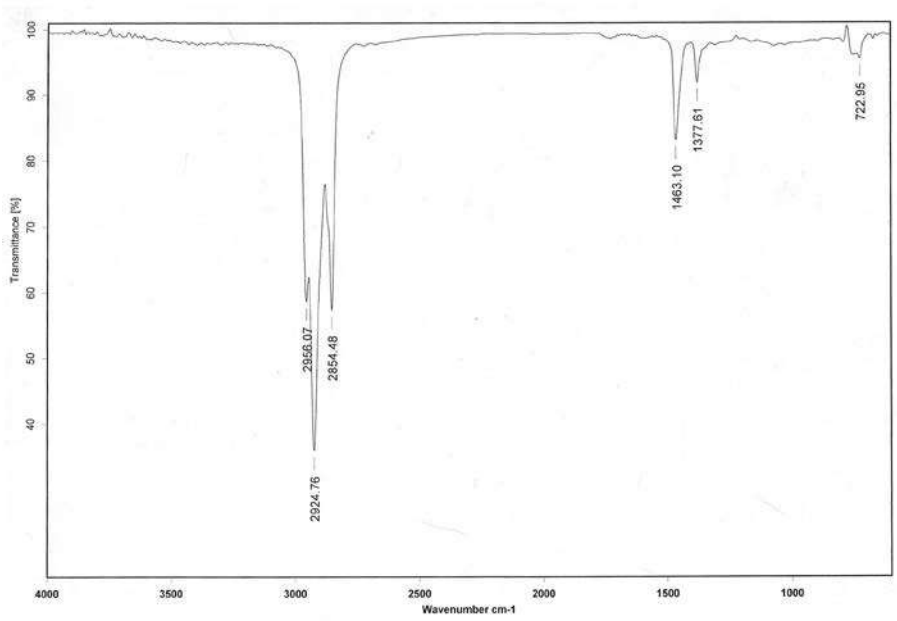


Figura 2. El espectro en el infrarrojo

4.2 Espectrometría de masas

El espectro de masas sobre la parte menos polar de las muestras afirma la presencia de hidrocarburos (Figura 3).

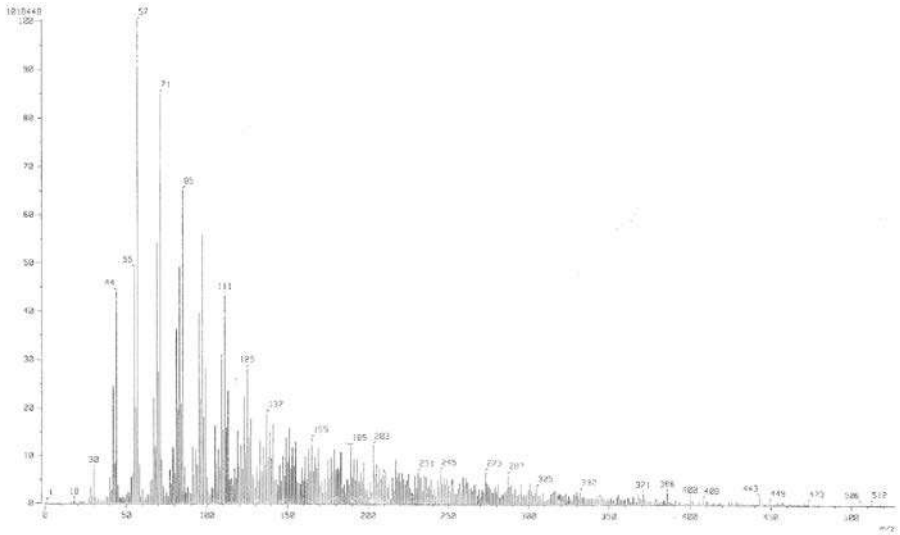


Figura 3. El espectro de masas que indica la presencia de hidrocarburos lineales.

4.3 Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear

Los espectros de ^{1}H RMN y ^{13}C RMN, y su correlaciones de COSY, HSQC and HMBC en cloroformo deuterado ($CDCl_3$) dan señales aromáticas a δ 7,22 and 7,5 con acoplamiento, señales a δ 5,2 y 5,3 que parecen corresponden a un triglicérido y a un doble enlace respectivamente. Además se ha detectado un éster aromático, probablemente ftalato de dibutilo por sus señales aromáticas y la de su O-CH_2 que aparece a δ 4,3 (Figura 4).

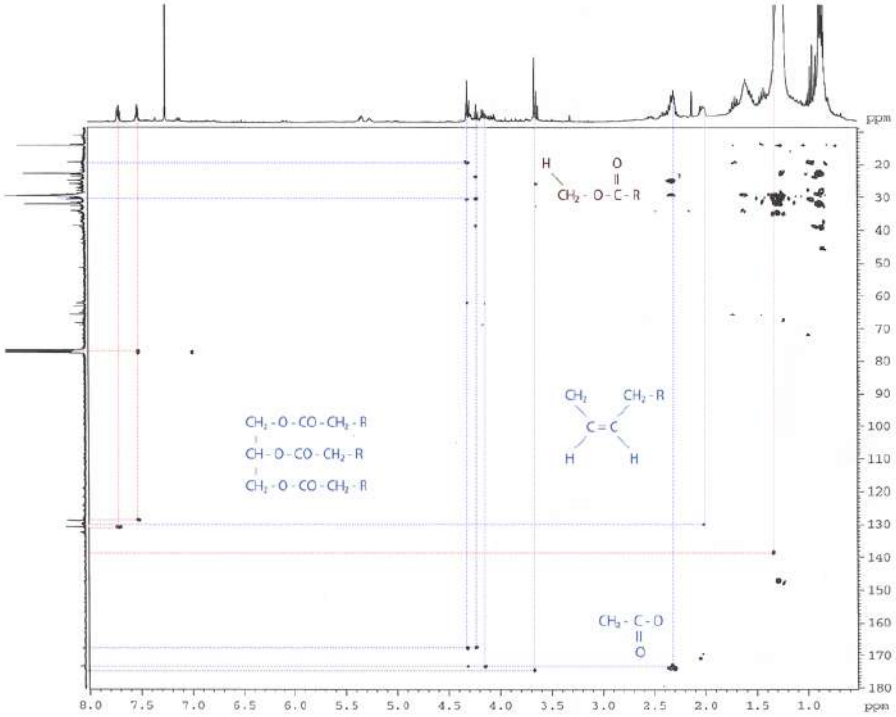


Figura 4. El espectro de HMBC que indica la presencia de hidrocarburos, un triglicérido y dos ésteres uno metílico y el otro probablemente ftalato de butilo.

Cuando se corre en metanol deuterado (CD_3OD) se obtienen los espectros que revelan la presencia de un azúcar cuyas características corresponde a una metilpentosa, como ramnosa o fucosa (Figura 5).

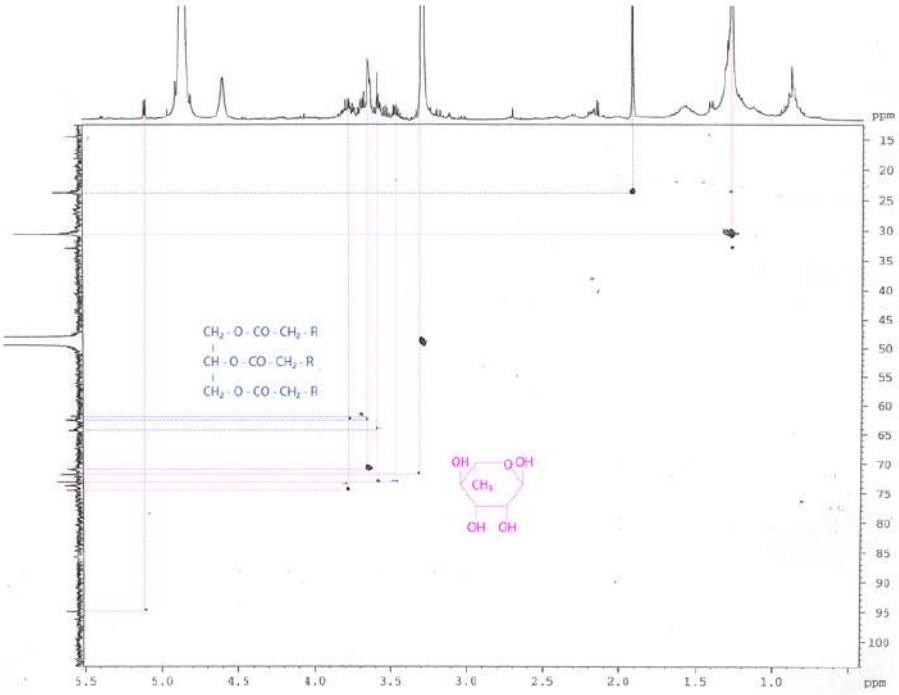


Figura 5. El espectro de HSQC que indica la presencia de un azúcar y una pequeña cantidad de un triglicérido.

5. DISCUSIÓN

Considerando las prácticas locales en arquitectura vernácula en México y otros países de Latinoamérica, como El Salvador y Perú, donde domina el uso de mucílagos de plantas, que químicamente se caracterizan como polisacáridos, en un primer momento pareció sorprendente la presencia de los hidrocarburos y esteres aromáticos en los resultados de muestras, lo que nos llevó a pensar que éstos podrían ser impurezas del proceso de laboratorio. Sin embargo los hidrocarburos y esteres aromáticos se han observado en todas las muestras extraídas y lavadas con disolventes de alta calidad, por lo tanto estos componentes provienen de las muestras originales. Respecto a la contaminación moderna en el sitio, la gente local ha estado extrayendo tierra de los montículos arqueológicos para fabricar ladrillos y en los años 1980's y 90's ha utilizado como combustible para el horno de ladrillo materiales petrolíferos. Las muestras 7-14 del adoratorio se obtuvieron de un área relativamente cercana de donde estuvo un horno en 1990's, sin embargo, los hidrocarburos se encuentran en todas las muestras incluso las muestras de Plataforma Norte, que provienen de un sector donde no había quema de ladrillos. Por lo tanto, los hidrocarburos tampoco provienen de la contaminación moderna (Kita et al, 2013).

No existe información del uso de emulsión de bitumen en la época prehispánica como estabilizador de adobe, sino como materia prima para impermeabilizante en pisos de arquitectura de tierra y juntas para adobes en la antigua Mesopotamia (Barton, 1926; Taylor 1855), Cercano Oriente (Hollander; Schwartz, 2000), Valle del Indo y Egipto (Forbes, 1936). Además el uso de la emulsión de bitumen en agua es recomendado como un buen aditivo para adobe en la construcción moderna en EE.UU. (O'Connor, 1973). En la costa del Golfo de México, el bitumen aflora naturalmente un muchos puntos de la planicie costera y se conoce su uso, en forma líquida o pastosa (más no emulsionada), para fines de decoración e impermeabilización sobre cerámicas y objetos de madera (como canoas) en las antiguas culturas de la costa de Golfo; hay evidencia de su uso en pisos de edificios de tierra olmecas desde el periodo Preclásico (a partir de a.C. 1600) (Belt, 1971; Daneels, 2006; Wendt; Cyphers, 2008). En el sitio de La Joya se encuentran evidencias del uso de bitumen como decoración sobre figurillas de cerámica y vasijas cuyas fechas corresponden a las de las muestras arquitectónicas que se han analizado en este estudio; se obtuvieron muestras que serán sometidas a análisis para compararlas con los resultados de las muestras estructurales.

El triglicérido presente en las muestras prehispánicas podría provenir del solvente usado, ya que el bitumen se disuelve perfectamente en aceite secante (Espinosa, 1859), como el aceite de linaza (de tradición europea) y de chía (de tradición prehispánica)[4].

Respecto al azúcar que se ha encontrado en las muestras, podría ser de origen vegetal. Actualmente se están realizando estudios sobre los extractos de hojas y tallos de malva (*Sida rhombifolia*) y corteza de guácima (*Guazuma ulmifolia*) respectivamente en el Laboratorio del Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estos son dos plantas cuyo uso está atestiguado en la arquitectura de tierra vernácula en Guatemala y Salvador, en ámbitos de trópico húmedo, y son además plantas muy abundantes en la flora local de la región de La Joya, y en general del Centro y Sur de Veracruz, donde existe evidencia de esta tradición de arquitectura de tierra monumental prehispánica. Es preciso acotar que en la región Centro y Sur del Golfo mexicano en la actualidad se perdió completamente la tradición de construcción en adobe, debido a dos fuertes cambios culturales ocurridos, uno en la transición del periodo Clásico al Postclásico, y otro al momento de la conquista española (introduciendo enfermedades epidémicas que diezmaron la población en un 95%), por lo que no existen locales datos históricos o etnográficos de edificación en tierra (Daneels; Guerrero-Baca, 2011).

6. CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados a la fecha son:

a) se ha podido identificar algunas sustancias orgánicas en los materiales de construcción de la arquitectura de tierra cruda prehispánica de La Joya: hidrocarburos, dos esteres aromáticos, un triglicérido y una metilpentosa;

b) el origen de los hidrocarburos podría ser materiales petrolífero como bitumen, del que se conoce su uso local prehispánico para la decoración o impermeabilización de figurillas y vasijas de cerámica, objetos de madera y pisos de edificio;

c) otros componentes podrían ser los solventes y/o emulsificantes de los materiales petrolíferos.

Nuestra investigación ha probado la presencia constante de componentes orgánicos en los materiales de construcción para la arquitectura monumental de tierra cruda del sitio arqueológico de La Joya, del periodo Clásico, en un ambiente trópico húmedo en la planicie costera del Golfo de México, los cuales son parte de la tecnología de construcción prehispánica. Esto sostiene la hipótesis de que la construcción de tierra que contiene alto porcentaje de arcillas expansivas no hubiera podido existir en el ambiente trópico húmedo sin usar algún estabilizante.

El uso de bitumen para juntas o impermeabilizantes es un conocimiento común de gran antigüedad en el Viejo Mundo y se aplica a la construcción de adobe hoy en día como estabilizante, sin embargo, no se ha reportado su uso como estabilizante de la construcción de tierra en la antigua Mesoamérica. Este descubrimiento abre nuevas perspectivas a los estudios sobre arquitectura prehispánica de tierra en el continente americano, y a la compresión de procesos económicos y sociales que se gestaron entre las sociedades prehispánicas de la Costa del Golfo de México.

7. TAREAS EN MARCHA

Para comprobar el uso de bitumen en la construcción prehispánica, se obtuvieron fragmentos de cerámica pintadas con chapopote fechadas para la misma época que las muestras de construcción analizadas. El análisis de infrarrojo ha comprobado la presencia de esteres y una cadena lineal que son parecidos a las muestras de construcción prehispánicas. Su análisis por RMN está en proceso.

Aparte de los estudios químicos sobre los componentes orgánicos de los extractos de hojas y tallos de malva (*Sida rhombifolia*) y corteza de guácima (*Guazuma ulmifolia*), se está realizando la fabricación de adobe experimentales (5 cm x 5 cm x 1 cm) utilizando las tierras recicladas y limpiadas por la extracción de sustancias orgánicas para análisis químicos, y mezclando los aglutinantes vernáculos, con el fin de reconocer sus comportamientos. Al mezclar la tierra con los extractos, se registraron sus comportamientos como plasticidad de mezcla, el tiempo de fraguado y grietas que aparecen después del secado. Se han realizado láminas delgadas de los especímenes para observar microscópicamente los efectos de cada aglutinante en la estructura de los adobes.

Además de los estudios en laboratorio, en el sitio de La Joya al lado este de la Pirámide, se fabricaron 5 muros de prueba para verificar la efectividad y función de aglutinantes probablemente originales *in situ*. Cada muro mide 80 cm (largo) x 28 cm (ancho) x 80 cm (alto desde el suelo), y consiste en mampostería de adobes y mortero de tierra, que contienen 1) agua (control), 2) extracto acuoso de malva (*Sida rhombifolia*), 3) extracto acuoso de guácima (*Guazuma ulmifolia*), 4) extracto acuoso de bitumen sólido (chapopote), y 5) emulsión asfáltica base agua, producto impermeabilizante Imper Top “A” de la marca comercial Comex. Encima de los muros de adobe, se aplicaron 5 aplanados de dichos aglutinantes[5] a cada muro dividiéndolo en 5 sectores a lo largo[6]. Los aplanados se aplicaron en 4 capas superpuestas que consisten en 1) grueso, para cubrir los desniveles de la mampostería de adobes, 2) medio, para nivelar la superficie, 3). fino, para ir sellando las grietas, y 4) bruñido, para pulir y sellar el superficie. Se monitorean los comportamientos y resistencia a la intemperie de cada material. (Figura 6)

Figura 6. Los 5 muros de pruebas, del lado izquierdo: control, malva, guácima, chapopote, y emulsión asfáltica. Cada muro tiene 5 franjas de aplanados de distinta composición: empezando del lado derecho, control, malva, guácima, chapopote, y emulsión asfáltica. En los 2 lados angostos de cada muro se aplicó el aplanado de control.

8. AGRADECIMIENTOS

La primera autora realizó las presentes investigaciones como Becaria del Programa de Becas Postdoctorales UNAM, en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de Universidad Nacional Autónoma de México, con su proyecto *Materiales y Procedimientos para la Preservación de la Arquitectura Monumental hecha de Tierra en la zona de Trópico Húmedo: Estudio preliminar en la Pirámide de La Joya, Veracruz.* (periodo 2011-II), y *Materiales y Procedimientos para la Preservación de la Arquitectura Monumental hecha de Tierra en la zona de Trópico Húmedo: Pruebas y Monitoreo de Materiales para Preservación de la Pirámide de La Joya, Medellín de Bravo, Veracruz.* (periodo 2012-II), en el marco del proyecto de la Dra. Daneels PAPITT IN300812 (2012-2014) *Patrimonio arquitectónico en tierra: estudio y gestión*. Agradece los apoyos brindados por el Laboratorio de Productos Naturales del Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), bajo la supervisión y asesoría del Dr. Romo de Vivar, de los técnicos académicos de los Laboratorios de Espectroscopía y Polarimetría, Espectroscopía de RMN y Espectrometría de Masas, sobretodo F.Q.B. María del Rocío Patiño Maya (IR), Dra. María Isabel Chávez Uribe (RMN), Dra. Beatriz Quiroz García (RMN), M. en C. Héctor Ríos Olivares (RMN), Dr. Rúben Luis Gaviño Ramírez (RMN), M. en C. Elizabeth Huerta Salazar (RMN), I.Q. Luis Velasco Ibarra (MS) y Dr. Francisco Javier Pérez Flores (MS).

El proyecto arqueológico en el sitio de La Joya está a cargo de la segunda autora, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, y recibió financiamiento de la misma universidad, del Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (Becas Nacionales 2007) y del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) en 2005-2008 (PAPIIT IN305503), en 2009-2011 (PAPIIT IN405009) y en 2012-2014 (PAPIIT IN300812), así como de la Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Inc. (FAMSI 07021, en 2007), Dumbarton Oaks (2007-2008) y CONACyT (Fondo Institucional 90636, en 2009). Las excavaciones arqueológicas, las intervenciones de preservación y los estudios de muestras estructurales prehispánicas contaron con los permisos del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda Jiménez, Y. G. (2011). Características del BTC ante diferentes concentraciones de mucílago de nopal y sábila agregadas al agua de mezclado. In *TURevista Digi.U@T*, 5 (19). Disponible en www.turevista.uat.edu.mx

Barton, G. A. (1926). On Binding-Reeds, Bitumen, and Other Commodities in Ancient Babylonia. *Journal of the American Oriental Society*, 46, pp. 297-302.

Belt, S. C. (1971). Veracruz ceramic techniques. In Ethnic Arts Council of Los Angeles (ed.) *Ancient Art of Veracruz.* Los Angeles: Los Angeles County Museum of Natural History, pp. 38-41.

Cárdenas, A.; Argüelles, W. M.; Goycoolea, F. (1998). On the posible role of *Opuntia ficus-indica* Mucilage in Lime Mortar Performance in the Protection of Historical Buildings. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 3, pp. 64-71.

Chandra, S.; Eklund, L.; Villareal, R. R. (1998). Use of cactus in mortars and concrete. *Cement and Concrete Research*, 28(1), pp. 41-51.

Daneels, A. (2006). La cerámica del clásico en Veracruz, 0-1000 d.Cr. En B. L. Merino Carrión y Á. García Cook (eds.) *La producción alfarera en el México Antiguo, Volumen II; La Alfarería durante el Clásico 100-700 d.Cr*. Colección Científica, Serie Arqueología no. 495. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 393-504.

Daneels, A. (2008a). La Joya pyramid, Central Veracruz, Mexico: Classic Period Earthen Architecture. Dumbarton Oaks Pre-Columbian Project Grant Reports. Washington, D.C.: Dumbarton Oaks. Disponible en: http://www.doaks.org

Daneels, A. (2008b). Monumental earthen architecture at La Joya, Veracruz, México. FAMSI Grantee Reports 07021. Crystal River: FAMSI. Disponible en: http://www.famsi.org

Daneels, A.; Guerrero-Baca L.F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. *APT Bulletin* 42 (1), pp. 11-18.

Espinosa, P. C. (1859). *Manual de construcciones de albañilería*. Madrid: Severiano Baz.

Flores, I. (2000). Cuadro resumen de intervenciones relevantes por año. En Joya de Cerén, El Salvador, campaña de marzo-abril 2000. Analysis of the Structures and Preliminary Assessment. The Getty Conservation Institute y el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Informe inédito. Ciudad de San Salvador: Archivo Técnico del Departamento de Arqueología de la Secretaría de Cultura, (consultado con el permiso del director del Departamento, Mtro. Shione Shibata, en julio 2010).

Forbes, R. J. (1936). *Bitumen and Petroleum in Antiquity*. Leiden: E. J. Brill.

Fructuoso-Hernández, G. J. (2009). Aplicación del “licor” de nopal como aditivo par la cal. In L. F. Guerrero Baca (coord.) *Conservación de bienes culturales: acciones y reflexiones*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 233-239.

Hernández-Zaragoza, J. B.; Coronado-Márquez, A.; López-Lara, T.; Horta-Rangel, J. (2008) Mortar Improvement Using Nopal Additive. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 10, pp. 120-125.

Hernández, J. B.; Serrano, G. R. (2003). Uso del nopal en la industria de la construcción. In *Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas*. pp. 286-289.

Hollander, D.; Schwartz, M. (2000). Annealing, distilling, reheating and recycling: bitumen processing in the Ancient Near East. *Paléorient*, 26 (2), pp. 83-91.

Kita, Y. (2011). Construction system and methods in Spanish colonies: case studies of the Valley of Mexico, Tesis de Doctorado en Estudios sobre Patrimonio Cultural de Humanidad, Tsukuba: University of Tsukuba.

Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2013). Chemical analysis to identify organic compounds in pre-Columbian monumental earthen architecture. *The Online Journal of Science and Technology* 3(1), pp. 39-45. Disponible en http://www.tojsat.net

Kita, Y.; Fructuoso Hernández, G. J.; Reyes García, M.; Torres Montes, L. A. (2008). Las características de distintos morteros para la restauración. In *XVII Congreso Internacional de la Investigación de Materiales*.

Kita, Y.; Fructuoso Hernández, G. J.; Torres Montes, L. A.; Reyes García, M. (2011). Efectos del extracto de nopal (*Opuntia* spp.) como aditivo del mortero de cal para la restauración. In *46º Congreso Mexicano de Química.*

Liberotti, G.; Daneels, A. (2012). Técnicas constructivas en tierra: reconstrucción 3D y análisis químico-físicos en los sitios de La Joya (México) y Arslantepe (Turquía). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 64 (1), pp. 79-89. Disponible en http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx

O'Connor, J. (1973). *The adobe book*. Santa Fe, NM: Ancient City Press.

Ohi, K.; Girón, I. (2000). Los muros de morteros y los materiales para la restauración de la arquitectura de tierra en la zona Casa Blanca. En *Chalchuapa, Informe de la investigación interdisciplinaria de El Salvador (1995- 2000).* K. Ohi (ed.). Kyoto,: Kyoto University of Foreign Studies, pp. 262-266.

Piña Martínez, A. D. (2010). La arquitectura de tierra: secuencia constructiva de una estructura en el sitio de La Joya de San Martín Garabato, Veracruz. Tesis de licenciatura en Arqueología. Tenancingo: Universidad Autónoma del Estado de México.

Ramsey, J. E. (1999). Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Sáenz, C. (2006). Cap. 7: Producción industrial de productos no alimentarios. In R. Cuevas García y E. Arias Jiménez (coords.); C. Rosell (ed.) *Utilización agroindustrial del nopal*, Roma: Organización de las Naciones Unidos para la Agricultura y la Alimentación (FAO), pp. 99-112.

Taylor, J. E. (1855). Notes on Abu Shahrein and Tel el Lahm. *Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland*, 15, pp. 404-415.

Torres Acosta A. A.; Martínez M.; Celis, C. (2004). Cement-based mortar improvement from nopal and *Aloe vera* additions. In *4º Foro de Investigación UDEM*.

Torres Acosta, A. A.; Cano Barrita, P. F. J. (2007). Las bondades del nopal. *Construcción y Tecnología*, octubre 2007. Disponible en: http://www.imcyc.com

Torres Acosta, A. A.; Celis Martínez, C. E.; Martínez Molina, W.; Lomelí González, M. G.. (2010). Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactaceas. Publicación Técnica No. 326. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicación y Transportes. Disponible en: http://www.imt.mx

Wendt, C. J.; Cyphers, A. (2008). How the Olmec Used Bitumen in Ancient Mesoamerica. *Journal of Anthropological Archaeology* 27(2), pp.175-191.

Notas

(1) La RMN se realizó por la técnica académica Dra. María Isabel Chávez Uribe en los laboratorios de espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear del Instituto de Química, UNAM.

(2) Con el cromatofolio de sílice sobre aluminio (200 µm de grosor, 5 cm de alto) para comparar las sustancias orgánicas de fracciones colindantes.

(3) Con la cromatoplaca de sílice sobre vidrio (0,5 mm de grosor, 10 cm de alto y 20 cm de ancho) para separar hasta 25 g de sustancias orgánicas.

(4) Chía (*Salvia hispanica*) es endémica de México. El aceite de chía se ha utilizado como aceite secante para las pinturas hasta el siglo XVIII, antes de que el uso del aceite de linaza se empezara a difundir (Kita, 2011).

(5) Desde el segundo aplanado (medio), se aplicó chapopote diluido en aceite de linaza en vez del extracto acuoso de chapopote.

(6) Los dos lados angostos de cada muro están cubiertos con el aplanado de control para comparar las diferencias en deterioros por orientación.

Currículos

Yuko Kita, Arquitecta, posgrado en Conservación del Patrimonio Arquitectónico por la Universidad Nacional de Artes de Tokyo (maestría) y la Universidad de Tsukuba (doctorado), Japón, actualmente estudia las características físico-químicas y mecánicas de materiales originales del arquitectura de tierra para entender la técnica constructiva original y para la restauración.

Annick Daneels, Arqueóloga (licenciatura y doctorado) por la Universidad de Gante, Bélgica, doctora en antropología por la UNAM, México. Investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas desde 1998, responsable del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, desde 2004 estudiando arquitectura de tierra como tecnología prehispánica y patrimonio. Miembro de la Red PROTERRA.

Alfonso Romo de Vivar, Químico, doctor en Química por la UNAM; Investigador emérito de la UNAM y del Sistema Nacional de Investigadores. Premio Universidad Nacional y IOCD-Syntex Award for Chemical Excellence. Autor de artículos en revistas nacionales e internacionales, fundador de la *Revista Latinoamericana de Química*. Especialista en química de productos naturales.

PROTOTIPO DE ESTUFA DE DOBLE COMBUSTIÓN BIOMÁSICA, EFICIENCIA ENERGETICA Y BAJO COSTO PARA ZONAS FRIAS DE ARGENTINA

Rodolfo Rotondaro[1], Pablo Romero[2], Mónica Tedesco[2], Alberto Nanami[2], Mario Ogara[2], Aurelie Lambert[2], Diego Tejerina[1], Sergio Ilief[2]

[1] Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires/CONICET
Buenos Aires, Argentina. rodolforotondaro@gmail.com
[2] Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI-San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina
promero@inti.gob.ar; tedesco@inti.gob.ar

Palabras claves: doble combustión biomásica, eficiencia energética, adobe, estufa domiciliaria, autoconstrucción

Resumen

La presente investigación está basada en la demanda de amplios sectores sociales en situación de pobreza de Argentina, en cuanto al confort ambiental en la vivienda, dentro del cual siguen siendo deficitarios la calefacción y los dispositivos autoconstruidos. El objetivo principal es diseñar, construir y evaluar a escala piloto estufas eficientes, construidas en su mayor parte con materiales naturales (adobe) para posibilitar un bajo costo razonable para la autoconstrucción asistida. El prototipo inicial es de masa térmica, un sistema tradicional que acumula calor en los materiales constructivos en todo el volumen de la estufa, optimizando así el recurso calórico con una combustión completa y eficiente, para restituirlo en su mayor porcentaje al ambiente. Se describen el proceso de diseño, los materiales y elementos constructivos y la evaluación de la eficiencia energética y del comportamiento de los materiales utilizados. Se presentan valores y referencias vinculadas a la eficiencia energética, el funcionamiento de las cámaras de aire primaria y secundaria y de la puesta en régimen, así como también del consumo controlado y tipo de materiales leñosos. Se evaluaron además aspectos vinculados con la respuesta de la combinación de los materiales y elementos utilizados; una estimación del costo económico del prototipo; y criterios para el diseño de uso racional de los combustibles leñosos en los territorios donde se transferirá el modelo. Por último, se evalúan las proyecciones destinadas a la transferencia de la estufa a sectores donde la autoconstrucción asistida es posible, proponiendo las metodologías que serán adecuadas y los criterios para el diseño de un manual de transferencia, con el fin de poder iniciar la gestión en los sistemas socio-productivos destinatarios del modelo.

1.INTRODUCCION

1.1-Marco institucional y grupos de trabajo

En esta investigación conjunta trabajan dos grupos técnico-científicos. Uno de ellos tiene sede en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo y está integrado por arquitectos y estudiantes de la carrera Arquitectura. El otro grupo pertenece al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y está integrado por expertos técnicos del INTI Energía y el INTI Tecnologías Sustentables. Ambos grupos constituyen un equipo transdisciplinario de diversos perfiles complementarios, que se unieron para investigar un modelo de estufa de masa térmica con paredes de adobe, proyectaron y construyeron un prototipo durante 2012. Actualmente se realiza el proceso de evaluación (funcionamiento, eficiencia energética, dimensiones, compatibilidad y patología de los materiales empleados, consumo de combustible), y se gestiona un convenio específico de cooperación entre el INTI y el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas) con el fin de fortalecer las actividades de difusión y transferencia del prototipo en experimentación, en etapas posteriores a la evaluación completa del mismo.

1.2-Antecedentes al prototipo “Qoñi”

En los últimos años los grupos de trabajo mencionados realizaron tareas de análisis del rendimiento y la eficiencia energética, y la construcción de otros prototipos de campo

basados en el empleo de tecnología de construcción con tierra cruda. Por parte del INTI, el grupo de tecnólogos que participan en este proyecto ha desarrollado diversas actividades de asistencia técnica, desarrollos y servicios tecnológicos que apuntan a mejorar los sistemas de calefacción y cocción basados en la conversión por gasificación térmica/combustión de residuos biomásicos de origen foresto-industrial desde un abordaje integral socio-territorial (Neef, 1993; Caplbo, 2011). En este marco, se destaca el desarrollo y mejora de estufas basadas en la combustión lenta en dos etapas que permiten alcanzar eficiencias térmicas del orden del 50 al 70% con bajos niveles de emisión de material particulado (mp) y monóxido de carbono (CO).

El grupo FADU/CONICET construyó dos prototipos de estufas con paredes de adobe y revestimientos de tierra arcillosa en dos barrios, en el marco del proyecto de investigación PIP CONICET 1635 de mejoramiento de la vivienda en sectores urbanos pobres. Uno de ellos en Bancalari, Buenos Aires, y el otro en Monte Terrabusi, Mar del Plata (Rotondaro et al, 2011).

2. PRINCIPALES OBJETIVOS Y METODOLOGIA

Los principales objetivos de la investigación fueron planteados en el marco de la teoría de la sustentabilidad del hábitat construido, y están directamente vinculados con las problemáticas de la vivienda de poblaciones en situación de pobreza, del ahorro energético, de la contaminación ambiental y del desarrollo de tecnologías sociales con base territorial empleando materiales naturales. Se definieron dos grupos de objetivos principales:

Objetivos ambientales:

-Contribuir al menor consumo de leña por mejor aprovechamiento calórico.

-Contribuir al ahorro energético.

-Contribuir a la disminución de la contaminación ambiental (por combustión completa) como reducción de monóxido de carbono y alquitranes.

-Promover la forestación/reforestación con biodiversidad dentro del concepto de sustentabilidad.

Objetivos socioeconómicos:

-Contribuir a mejorar la calidad de vida de población en situación de pobreza y vulnerabilidad (calefacción domiciliaria mínima);

-Evitar la ingesta de gases tóxicos de artefactos ineficientes por adecuada evacuación de gases de escape.

-Aprovechar de manera sustentable los materiales naturales existentes, cercanos, de fácil acceso y amplia disponibilidad (suelos estabilizados y fibras vegetales).

-Promover la autoconstrucción asistida y comunitaria de estufas de bajo costo y alta eficiencia con empleo de materiales de amplia disponibilidad.

La metodología empleada tuvo en cuenta el diseño y construcción de un prototipo experimental en el área Energía de la sede central del INTI en San Martín, Provincia de Buenos Aires, para su estudio y monitoreo en los aspectos referidos a su desempeño energético, al comportamiento y compatibilidad de los materiales empleados, costos relativos, complejidad de construcción y montaje, y diseño de su transferencia a la sociedad.

El abordaje para el diseño, construcción y monitoreo se basa en el trabajo de interdisciplina integrando conocimientos y saberes técnicos y científicos de los integrantes de los dos grupos de trabajo, en base a los antecedentes propios y de otras experiencias realizadas. La elección de los materiales y componentes del prototipo se basó en la combinación de materiales naturales y una tecnología constructiva que presente factibilidad en el contexto de la autoconstrucción asistida en sectores poblacionales en situación de pobreza, de las

zonas frías de Argentina (el 50% del país). Se seleccionaron materiales naturales (suelos arcillo-arenosos adecuados para la fabricación de adobes y morteros de unión de barro estabilizado con fibras vegetales, paja picada y estiércol de caballo) de amplia disponibilidad en el país; ladrillos y tejuelas refractarios existentes en el mercado de la construcción del país; y elementos metálicos para la puerta y las chimeneas de la estufa (posibles a relativo bajo costo donde exista un taller de herrería común).

3. PROTOTIPO "QOÑI"

3.1- Diseño. Lugar de construcción y monitoreo

El diseño del prototipo tuvo en cuenta dos premisas básicas: el empleo del principio de la doble combustión biomásica con el fin de lograr la mayor eficiencia térmica, y el empleo de una técnica constructiva conocida en casi todas las regiones del país, la mampostería de adobe, buscando costos y una materialidad posibles en los sectores vulnerables de la sociedad.

El prototipo (Figura 1) se construyó en el laboratorio del área Energía de la sede central del INTI en la localidad de San Martín, provincia de Buenos Aires, donde se realiza su evaluación y monitoreo de eficiencia y funcionamiento.

Figura 1: Proyecto de la estufa y fases de construcción. Fabricación de adobes, primera hilada, ladrillos refractarios y estufa finalizada. Laboratorio en INTI Energía (noviembre/diciembre 2012). Imágenes: elaboración propia.

La combustión en el prototipo QOÑI se realiza en dos etapas, lo que logra maximizar la eficiencia (Figura 2). En la cámara primaria, más abajo, comienza la combustión mediante la gasificación del combustible que se produce por la introducción de una pequeña proporción de aire (aire primario). En esta etapa se produce una llama de baja intensidad. El producto de esta gasificación es una mezcla de gases que en mayor proporción está formada por monóxido de carbono y sustancias volátiles. Dicha mezcla pasa a través de una garganta a la cámara secundaria donde por la nueva entrada de aire (aire secundario) a través de un colector con varios orificios, la combustión se completa dando una llama muy intensa y como resultado humos con muy bajos contaminantes. Finalmente estos humos pasan por tres chimeneas de hierro de 7 cm de diámetro, donde entregan lo último de energía térmica hasta confluir en un colector que los lleva a la chimenea principal de 15 cm de diámetro.

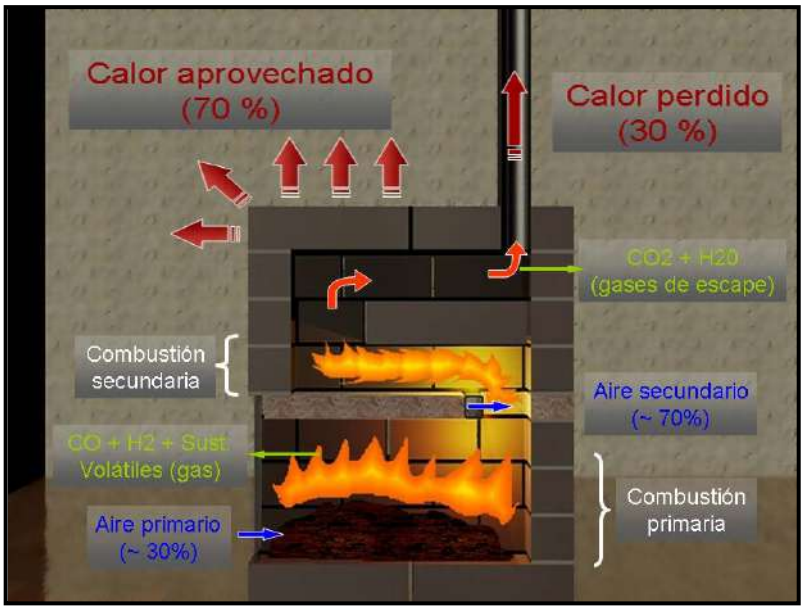


Figura 2: Esquema de combustión en la estufa Qoñi. Imagen: elaboración propia.

3.2- Materiales y equipamiento

Los materiales empleados incluyeron los necesarios para la fabricación de los adobes y del mortero de asiento: suelos arcillo-arenosos, paja de campo picada, estiércol de caballo desmenuzado y agua limpia. Una de las hiladas (la quinta) se construyó con ladrillos refractarios macizos asentados con el mismo mortero de barro y fibras, y la cámara primaria se revistió con tejuelas refractarias del mismo material que los ladrillos. Para la puerta, el colector de aire secundario y el sistema de chimeneas se empleó hierro negro e hierro galvanizado (únicamente el último tramo de chimenea), que se amuraron y fijaron con el mismo mortero de barro y fibras. El equipamiento empleado necesario consta de herramientas comunes de construcción (pala, carretilla, martillo, serrucho, pinza, baldes, cuchara de albañil, mezclador manual, plomada, nivel, manguera, hilo, machete) y dos moldes de madera para los adobes, de medidas interiores 11 cm x 11 cm x 24 cm y 11 cm x 42 cm x 47 cm.

3.3- Construcción del prototipo.

Las tareas previas incluyeron la obtención y traslado de materiales y equipamiento necesario, fabricación de moldes de adobe, fabricación y “dormido” del barro para adobes y mortero de asiento, fabricación de adobes, secado y acopio en el laboratorio, y fabricación del cajón de la chimenea. La construcción del prototipo fue realizada por los autores y contó con la colaboración parcial de otros técnicos y profesionales integrantes de las instituciones mencionadas. El prototipo se construyó sobre un pallet reforzado, para facilitar su eventual traslado.

La secuencia constructiva del prototipo incluyó seis fases: la base, con dos adobes grandes apoyados directamente sobre el pallet con una fina capa de mortero de barro; tres hiladas de adobe con mortero de barro y amurado de la puerta en su frente; colocación de las tejuelas refractarias en el piso y paredes de la cámara primaria; la única hilada de ladrillos refractarios macizos; la hilada siguiente con adobes chicos y un adobe grande dejando la garganta posterior; tres hiladas de adobe; la tapa de la estufa con dos adobes grandes, el posterior con tres agujeros para los conductos de la chimenea; y la colocación de la chimenea (tres conductos de salida, cajón de chapa galvanizada y conducto final). Se dejó secar una semana y se aplicaron a mano dos capas superficiales de barro semilíquido sobre los adobes y juntas, previo cepillado en seco y humedecido.

Las dimensiones exteriores resultantes del prototipo finalizado son de 47 cm de ancho por 85 cm de largo por 105 cm de altura; y la cámara de combustión primaria tiene 23 cm de ancho por 38 cm de largo por 65 cm de profundidad.

4. PRINCIPALES RESULTADOS PRELIMINARES

4.1- Proceso constructivo y respuesta de los materiales empleados

El prototipo se construyó siguiendo una secuencia lógica de una mampostería de adobe tradicional, con mortero de barro, combinada con los otros elementos necesarios para su funcionamiento (la puerta, la chimenea y el colector de varios orificios). Se respetaron los tiempos de secado del mortero de barro y de la lechada de barro casi líquido aplicada antes de la fase de prueba del prototipo. En esta primera fase de construcción del modelo no se registraron inconvenientes desde el punto de vista de la fisuración del mortero de asiento por retracción de secado, ni de agrietamientos por problemas que pudieran ocurrir por cargas y pesos propios, de la mampostería, la hilada de ladrillos y la tapa de adobes grandes más pesados (cada uno de alrededor de 24 kg). Hubo microfisuras muy leves en algunas juntas verticales, discontinuas y sin patrón de daños. Los adobes tampoco presentaron fisuras, ni los chicos ni los grandes de la base, el intermedio o los de la tapa.

4.2- Monitoreo de la eficiencia térmica y del funcionamiento inicial del prototipo

Para el ensayo de la eficiencia de la estufa (Figura 3), primero se ingresa una cierta masa de combustible correspondiente a la carga máxima para la estufa. Como se conoce la masa de combustible y se puede estimar su poder calorífico, se calcula así la cantidad de energía que se aporta en el momento inicial del ensayo.

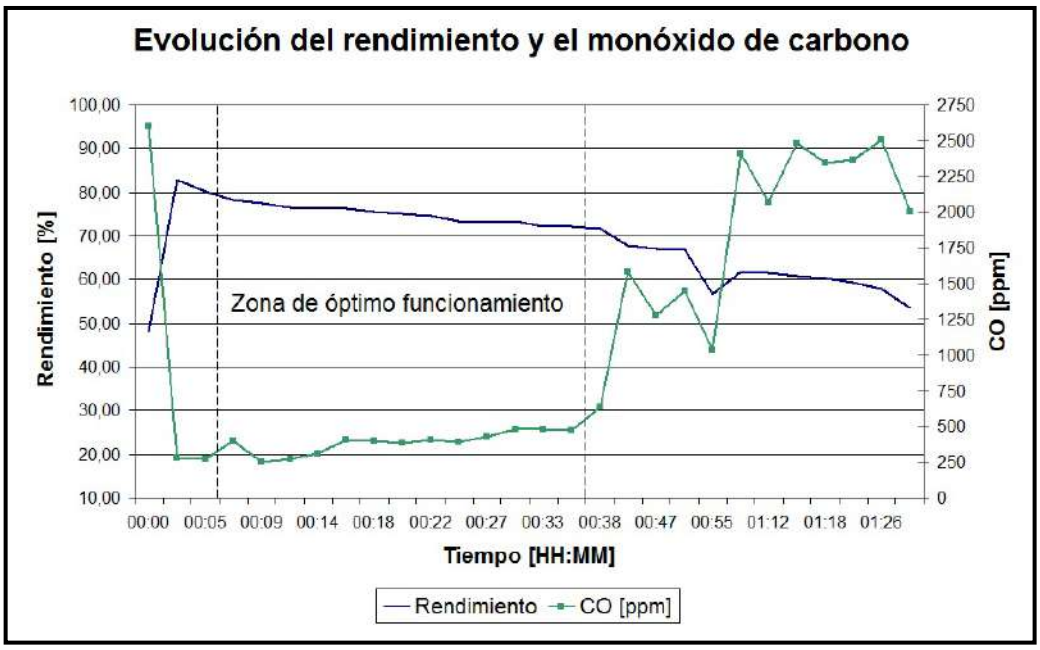
Figura 3: Imágenes durante las fases iniciales de la prueba y análisis del funcionamiento de la estufa. Laboratorio en INTI Energía (diciembre 2012). Imágenes: elaboración propia.

Luego, durante el tiempo que tarda en consumirse la carga de combustible, se toman periódicamente muestras de los humos y se registra su temperatura, la temperatura ambiente y las proporciones de oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono. Con estos datos se calculan las pérdidas de energía por la chimenea. Finalmente, la energía total entregada por la estufa se calcula por el método indirecto, es decir, conociendo la energía total aportada y las pérdidas, se obtiene de la diferencia, la energía que se entrega al ambiente. El rendimiento es la relación entre la energía entregada al ambiente y la introducida en forma de combustible.

El instrumental utilizado fue el siguiente: un analizador de gases de combustión marca de Testo, modelo 350 XL, que permite medir y registrar concentración de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno y temperatura de los gases en chimenea junto a la temperatura ambiental; una balanza electrónica para pesada de combustible; y una cámara temográfica marca Flir, modelo T300, para determinación de distribución de calor y puntos calientes. Se analizaron los datos obtenidos del ensayo con madera blanda (*eucaliptus*, álamo) como combustible. Se concluye que la eficiencia del combustor es muy buena, superando el 75% (comparable con estufas de alta eficiencia de construcción metálica con ladrillos refractarios). La zona de óptimo funcionamiento, donde las emisiones de CO son menores que 600 ppm y el rendimiento no cae por debajo del 70%, se encuentra entre el tiempo inicial de carga y los treinta minutos aproximadamente.

En el siguiente Gráfico 1 se muestran dos curvas de la evolución del Rendimiento y el monóxido de carbono (CO) durante el ensayo. En un lapso de 30 minutos se quema practicamente la totalidad de compuestos volátiles contenidos en la madera. Como en este ensayo se cargaron 3,8 kg de leña, del cual se consumieron las 3/4 partes de su masa en 1 hora, se puede deducir que la capacidad de combustión es de aproximadamente 9.500 kcal/h, si se considera un poder calorífico inferior promedio de 3.500 kcal/kg.

Gráfico 1: Ensayo de evolución del rendimiento y monóxido de carbono. Laboratorio en INTI Energía (diciembre 2012). Fuente: elaboración propia.



En la siguiente imagen (Figura 3) se presenta una termografía de la estufa que muestra la acumulación de calor en el adobe de las paredes. Una vez apagada la combustión, el calor del adobe continuará entregandose al ambiente. Los tubos de la chimenea entregan calor, que no llega a acumularse en el adobe, en forma instantánea al ambiente. Los tubos que inicialmente se encuentran a 300°C, bajan rápidamente su temperatura a medida que eleva su altura, esto demuestra una buena transferencia de calor al ambiente. La temperatura en las paredes de adobe se ubica en los 80°C. Una vez consumido el combustible, el calor acumulado en el adobe continuará irradiando al ambiente por varias horas (4 a 5 hs).

Figura 3: Termografía de la estufa durante los ensayos, realizada en simultáneo al ensayo de evolución del rendimiento y monóxido de carbono. Laboratorio en INTI Energía (diciembre 2012). Imagen: elaboración propia.

En la práctica, esta última característica permite mantener un ambiente cálido sin altibajos de temperatura y sin necesidad de reposición frecuente de combustible sobre todo durante la noche.

De acuerdo con estos datos preliminares producidos por los primeros ensayos se puede estimar que la transmisión de calor producido por la estufa hacia el ambiente interno de la edificación o vivienda sería de alrededor de 6650 kcal/h, considerando el rendimiento del 70% mencionado más arriba, con cargas de leña de aproximadamente entre 3,5 a 3,8 kg por hora.

4.3- Estimación de costos

Los costos económicos del prototipo (Tabla 1) se calcularon considerando solamente los materiales comprados en corralones de materiales y ferreterías, sin tener en cuenta costos de fletes ni de personal constructor, en función de que uno de los objetivos centrales de la investigación es el desarrollo de una estufa con alta factibilidad en contextos de autoconstrucción en los cuales la asistencia técnica sea mínima o nula:

Tabla 1: Estimación de costos de materiales y elementos a diciembre 2012

Material/elemento	Costo en $A	Costo en U$D
Ladrillos refractarios macizos y tejuelas	360,00	54,00
Puerta de hierro con marco y manija	250,00	38,40
Caño cribado de ventilación secundaria	40,00	6,15
Caños de hierro de chimenea y cajón	260,00	40,00
Pintura en aerosol	75,00	11,50
Polvo mineral de color	15,00	2.30
Total	**1000,00**	**152,35**

Equivalencia: 1 dólar U$D = 6,15 pesos A. Fuente: elaboración propia.

Los costos estimados se podrían reducir en el caso que, como es habitual en los contextos de la autoconstrucción popular, exista una colaboración gratuita de oficios tales como los de un herrero, o mecanismos tales como el trueque de productos, que podrían bajar esta estimación a casi la mitad del valor de la tabla, es decir de unos 500 pesos A (aprox. U$D 81,30). Valor que puede resultar totalmente factible en los sectores poblacionales en situación de pobreza.

En comparación con el costo de mercado de estufas de hierro con el sistema de doble combustión existentes en el país, que es de alrededor de $ 2500,00 o U$D 406,50, se observa una situación ventajosa ya que la diferencia a favor es de alrededor de un 37%.

5. CONCLUSIONES

El prototipo ha demostrado, luego de las pruebas y evaluaciones sobre su puesta en régimen, un rendimiento aceptable de acuerdo con los estándares de valores para artefactos de calefacción a combustibles leñosos.

La proyección tecnológica del prototipo a partir de la evaluación del comportamiento y compatibilidad de los materiales y elementos empleados es satisfactoria pero presentó algunas dificultades. Los principales resultados satisfactorios son tres: la factibilidad constructiva según los objetivos y destinatarios finales del prototipo, combinando una mampostería de adobe con morteros de barro según la técnica original y con retracciones de secado normales en la unidad del adobe, y microfisuración mínima de juntas; la posibilidad de obtención de los otros elementos, por compra directa en corralones, ferreterías o herrerías comunes (ladrillos refractarios, chapa de hierro, caños de hierro galvanizado, pintura en aerosol para altas temperaturas); y que los daños ocurridos durante la puesta en régimen inicial y monitoreo de eficiencia son aceptables desde el punto de vista de la fisuración de juntas y del mantenimiento que pueda exigir el uso de esta estufa. Las dificultades fueron dos: el tamaño y peso de los adobes grandes, que si bien permiten su manipuleo y colocación no dejan de presentar potenciales riesgos de rotura, y resultan muy

pesados para su maniobra; y la fisuración de juntas en la línea de contacto entre la puerta de hierro y la pared de barro: si bien presenta fisuras de menos de medio milímetro de espesor, podría potencialmente generar una ampliación de su espesor y mayores daños constructivos.

Paralelamente al diseño, construcción y monitoreo del prototipo, el grupo diseña un manual de transferencia y una estrategia para orientar la misma en los territorios y los sectores poblacionales que constituyen los destinatarios prioritarios del modelo en estudio. Las áreas geográficas potenciales son, en primer lugar, las regiones más frías de Argentina, que ocupan aproximadamente el 40% de su territorio y están ubicadas en el Oeste, el altiplano y quebradas altas y la Patagonia e islas del Atlántico Sur.

Los sectores sociales potenciales que podrán utilizar esta estufa comprenden a todos aquellos grupos, familias y personas que carecen de artefactos adecuados para obtener el calefaccionamiento mínimo del aire interior en sus domicilios de habitación, y que además tienen dentro de sus carencias estructurales, la imposibilidad de adquirir estufas de marca o cualquier otro acondicionador de calor para el hábitat doméstico. En este sentido, el uso de combustibles biomásicos residuales debe ser fomentado frente al uso de combustibles fósiles debido a que no aumenta la cantidad de dióxido de carbono ambiental (UN, 1987). Las plantas consumen dióxido de carbono para vivir, fijan el carbono para crecer y liberan el oxígeno. Al usar estas plantas como fuente de energía, se combina el carbono fijo con el oxígeno (antes liberado) para formar dióxido de carbono y liberarlo a la atmósfera. De este modo, la cantidad de dióxido de carbono ambiental no aumenta sino que se mantiene constante. Por el lado contrario, el uso de combustibles fósiles implica la liberación de dióxido de carbono que no se encuentra en el ambiente sino que está bajo tierra.

Dentro de la discusión que se planteó durante el diseño, construcción y monitoreo inicial del prototipo, los investigadores evaluaron que los criterios de gestión para una transferencia apropiada a contextos de pobreza en Argentina deberían considerar los siguientes aspectos:

-orientar la construcción del modelo con ayuda de un manual descriptivo-explicativo de las fases constructivas, su uso adecuado y con seguridad, y un mantenimiento adecuado en el tiempo;

-el empleo de combustibles no tóxicos y de combustibles leñosos determinados, con el fin de evitar acciones que colaboren con la deforestación, la desertización y la contaminación ambiental;

-el empleo de mecanismos de gestión multisectorial que colaboren con la construcción y uso adecuado de artefactos como este, que pueden presentar situaciones de riesgos para la salud humana;

-la difusión adecuada en contextos locales, urbanos y rurales, para lograr la colaboración de organizaciones sociales, ONGs, municipios y otros organismos públicos y privados que apuntalen el abastecimiento de estufas de este tipo a población en situación de pobreza estructural.

Por último, en las reflexiones que surgieron en el grupo de investigadores sobre la posible sustentabilidad del prototipo en estudio, se concluye que presenta aspectos favorables que pueden orientar su factibilidad técnica, económica y social. También, que el diseño inicial requiere de ajustes dimensionales y constructivos, y que para una transferencia y replicación apropiadas sería necesario el diseño del manual de transferencia con una gráfica y contenidos no sólo de comprensión de su construcción sino de su uso y mantenimiento adecuados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caplbo, L. (2011). *Fundación UNIDA. Decrecer con equidad*. CICCUS, Buenos Aires.

MECON-Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (2002). *Ley General del Ambiente No 25.675.* Gobierno de la República Argentina. Disponible en: http://www.infoleg.gov.ar/ infolegInternet/anexos/ 75000-79999/79980/norma.htm

Neef, M.M. (1993). Desarrollo a escala humana. Montevideo: Editorial Nordan Comunidad.

Rotondaro, R.; Tejerina, D.; Ricchiardelli, G.; de Saá, I.M.; Alfonzo, L.; Balparda, L.; Cacopardo, F.; Cusán, M.I.; Ondartz, A.; Puglia, L.; Mañá, C.; García Palacios, R.; Améndola, V.; García Cein, E. (2011). Gestión participativa para mejorar la vivienda en sectores urbanos pobres. Buenos Aires-Mar del Plata, Argentina. En: *XI SIACOT (Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra)-IV SIIDS (Seminario Internacional de Investigación del Diseño Sustentable). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas.* Tampico, México. 21/24 Setiembre 2011.

United Nations (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.* Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Co-operation: Environment. Disponible en: http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm

Currículo

Rodolfo Rotondaro. Máster Arquitecto, FADU, Universidad de Buenos Aires/CONICET. Realiza tareas de investigación, desarrollo tecnológico, enseñanza y asesoría en Arquitecturas de Tierra en áreas rurales y urbanas de Argentina.

Pablo Romero. Ingeniero Mecánico, INTI Energía (Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Realiza tareas como proyectista, desarrollos técnicos y capacitador en temas energéticos y ambientales.

Mónica Tedesco. Diseñadora, Coordinadora INTI Tecnologías Sustentables.

Alberto Nanami. Técnico Químico. Realiza tareas como proyectista, asistente técnico y capacitador en temas energéticos y ambientales.

Mario Ogara. Licenciado en Química, Director de INTI Energía a escala nacional.

Aurelie Lambert. Arquitecta, INTI Tecnologías Sustentables. Realiza tareas de gestión y diseño en proyectos de tecnologías de Interés Social con transferencia tecnológica. Asistente técnico.

Diego Tejerina. Arquitecto. Realiza tareas vinculadas con el desarrollo sistemas constructivos y tecnologías con empleo de suelos estabilizados. Asistente técnico.

Sergio Ilieff. Ingeniero Físico, INTI Tecnologías Sustentables. Realiza tareas vinculadas con las ecotecnologías y el desarrollo de sistemas socioproductivos sustentables. Asistente técnico.

COMPARACIÓN AMBIENTAL DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADA CON CEMENTO Y CAL

Rubén Salvador Roux Gutiérrez[1], Luis Guerrero[2]

[1]Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
rroux33@hotmail.com
[2]División de Ciencias y Artes para el Diseño. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México
E-mail: lfgbaca@correo.xoc.uam.mx

Palabras claves: ACV, bloques de tierra comprimida, costo energético, materiales de construcción, energía incorporada o embebida.

Resumen

Con el fin de encontrar materiales de construcción de bajo coste que no comprometan la calidad de la construcción de las viviendas en México y en especial en el Estado de Tamaulipas, se han realizado estudios enfocados a la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC). En trabajos conjuntos desarrollados entre la UAT en Tampico y la UAM-Xochimilco, se han evaluado diferentes procesos de elaboración y estabilización de bloques, obteniéndose notables mejoras en su resistencia mecánica y ante los efectos de la humedad. Sin embargo, la información con la que se contaba a la fecha no había considerado los requerimientos normativos emergentes en los que la evaluación del impacto ambiental de los materiales constructivos cada vez cobra mayor relevancia. Por tal motivo se planteó una evaluación comparativa del impacto ambiental de dos tipos de BTC, uno estabilizado con cemento y otro con cal apagada, a través del método de Análisis de Ciclo de Vida, cuyos resultados se exponen en el presente texto. El proceso se sustentó en la medición de catorce categorías de impacto y entre los resultados obtenidos destaca el hecho de que para trece de dichas categorías los BTC con cal presentan menor impacto ambiental, que los estabilizados con cemento.

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Autónoma de Tamaulipas en la ciudad de Tampico, ha venido desarrollando durante las últimas dos décadas una serie de estudios para determinar las cualidades y potencial del uso de bloques de tierra comprimida como un material de construcción alternativo a los sistemas que se utilizan de manera convencional en la región Noreste de la República Mexicana. En este proceso de investigación en el año de 2009 se estableció un acuerdo de intercambio académico entre dicha institución y la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, en la ciudad de México, a fin de realizar estudios similares en contextos diferentes, bajo un mismo enfoque metodológico.

Los resultados obtenidos hasta la fecha acerca de la estabilización de suelos con cal y su empleo en la elaboración de BTC han sido muy alentadores y han sido publicados en diferentes medios a nivel nacional e internacional. (Guerrero et al, 2009; 2011; Roux; Guerrero, 2011; 2012). Con el fin de incrementar la resistencia mecánica de los BTC que se generaron y analizaron en ambas universidades, se probó añadirles diferentes porcentajes de cemento, habiéndose obtenido resultados muy adecuados para su implementación constructiva. Sin embargo, se sabe que el cemento Portland es uno de los materiales de construcción que mayores deterioros provoca en el medio ambiente ya que para su elaboración, se requieren grandes cantidades de energía y se desprenden impresionantes cantidades de desechos a la tierra, al agua y a la atmósfera.

Como alternativa, se desarrollaron diversas pruebas de estabilización mediante la incorporación de hidróxido de calcio, material que necesita menos temperatura y tiempo de fabricación. Los BTC estabilizados con cal demostraron poseer características físicas aceptables referidas a las normatividades mexicanas e internacionales con respecto a su permeabilidad, absorción, densidad, características químicas en relación al pH, la reacción

de los minerales de las arcillas con la cal y su resistencia a los ácidos. Además, los bloques que contienen cal no sólo resultan tan resistentes como los que utilizan cemento, sino que son más estables ante la humedad, principal factor de deterioro de la tierra empleada para la fabricación de los BTC.

Sin embargo, la percepción acerca de la diferencia entre el impacto ambiental del cemento y de la cal resultaba ser relativamente subjetiva debido a la falta de información precisa acerca de la medición de las posibles afectaciones de dichos materiales al medio natural y a los usuarios. En este sentido es necesario destacar que la importancia de cuantificar el impacto ambiental de los productos y servicios está creciendo en la sociedad. Los consumidores y los gobiernos cada vez exigen más información acerca de la sustentabilidad de los productos y sobre la comparación de las posibles soluciones basadas en datos científicos que los avalen.

Por otro lado, en los últimos años, la sustentabilidad en el sector de la construcción se está legislando desde el punto de vista energético. Esto es así porque durante el uso de las viviendas es cuando se producen los mayores impactos ambientales asociados al consumo energético. No obstante, los materiales que se usan en las viviendas pueden contribuir o no al uso limpio y eficiente de los recursos naturales. De hecho, en la mayoría de los casos, depende de las cualidades de los componentes de la edificación el uso eficiente de energía durante su vida útil. La extracción de las materias primas, su procesamiento y fabricación, instalación, mantenimiento e incluso la gestión del residuo de los materiales de construcción pueden suponer hasta el 50% de los impactos totales de una vivienda.

De ahí la importancia de considerar el enfoque integral del ciclo de vida en las viviendas tomando en cuenta además del consumo energético cotidiano, el procesamiento de los materiales empleados para su edificación. Este tipo de procesos de medición y evaluación resultan muy útiles debido a que manejan datos claramente cuantificables y comparables desde una perspectiva objetiva cuyos parámetros se manejan en diferentes países del mundo.

Mediante el análisis de ciclo de vida, se evalúan y cuantifican los aspectos e impactos ambientales potenciales incluyendo el costo energético, a lo largo de toda la aplicación del producto, desde la extracción de las materias primas pasando por la producción, uso y hasta la disposición final de sus residuos.

En el presente estudio se reportan los principales resultados del análisis de ciclo de vida (ACV) de bloques de tierra comprimida (BTC) que se ha llevado a cabo a fin de caracterizarlos como materiales utilizables en viviendas de interés social, ambiental y residencial en diferentes zonas del estado de Tamaulipas, al noreste de la República Mexicana.

Para la realización de este trabajo se toman como referencia las normas ISO que regulan la metodología de análisis de ciclo de vida:

- ISO 14040:2006. *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*.
- ISO 14044:2006. *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*.

Y a nivel nacional, la norma análoga:

- NMX-SAA-14040-IMNC-2008. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

2. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

2.1. Objetivo

El objetivo del análisis de ciclo de vida (ACV) que se detalla en este texto consiste en identificar y evaluar los impactos ambientales y la energía embebida asociados a la producción, manejo, implementación, uso y desecho de BTC, con el fin de generar datos que se puedan incorporar al código del costo energético que se está desarrollando para las viviendas de Tamaulipas. Con ello, se busca mostrar las cualidades de los BTC frente otros materiales convencionales de construcción.

2.2. Alcance

2.2.1. Descripción del producto

El BTC es un material de construcción fabricado con una mezcla de tierra y un material estabilizante, como cal, cemento, asfalto o yeso, que es moldeada y comprimida utilizando una prensa mecánica ó manual. Es un sustituto del ladrillo en actividades de construcción; se utiliza en la construcción de muros apilándolo manualmente y utilizando una mezcla de los mismos materiales como mortero de asiento.

En este estudio se llevó a cabo un ACV sobre dos tipos de bloques: BTC-1 y BTC-2, habiendo sido estabilizados los primeros con cemento y los segundos con cal. Sus principales características se muestran a continuación. Para ambos tipos de bloques se considera una vida útil de 30 años.

Ambos bloques miden 29 cm x 14 cm x 10 cm. La masa unitaria del BTC-1 es de 7,65 kg y la del BTC-2 de 6,8 kg. Los datos promedio que se han registrado para resistencia a la compresión de las piezas son de 76,32 kgf/cm^2 en los BTC-1 y 79,69 kgf/cm^2 en los BTC-2.

2.2.2. Función y unidad funcional

La Unidad Funcional (UF) es la unidad del producto utilizado como referencia en el estudio. La unidad funcional de los sistemas de producto a estudiar será la de un metro cuadrado de muro de carga, estructura, cerramiento y acabado superficial.

Para ambos casos se requieren 44 bloques por metro cuadrado para conformar la unidad funcional. La masa total del murete de los BTC-1 es de 336,77 kg mientras que la de los BTC-2 es de 299,27 kg.

No obstante, para la evaluación de la fase de uso no se incluye la energía operacional como pared de un edificio completo, sino solamente se considera su mantenimiento para que se cumplan las funciones de estructura, muros y acabado superficial a las que estaría destinada. Tampoco se incluye en el estudio los impactos de los bienes de capital e infraestructura.

2.2.3. Metodología de evaluación y tipos de impactos

La metodología de evaluación establece los factores de caracterización mediante los que se cuantifican los impactos ambientales.

Para la mayoría de impactos descritos en la Tabla 1, la caracterización se llevará a cabo mediante el método TRACI 2 (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impact*) V4.00 2012 desarrollada por la Agencia de Protección de Estados Unidos.

No obstante, existen algunos impactos que el método TRACI 2 no tiene implementados en su sistema y que también se evaluarán. Este es el caso del *Uso del suelo* y del a*Agotamiento de los recursos minerales*, para los cuales se utilizará el método ReCiPe Midpoint (I) V1.06 / World ReCiPe I, uno de los métodos más actualizados y armonizados hasta el momento y que ha sido desarrollado por Pré Consultants. Los recursos energéticos se evaluarán mediante el método CED (*Cumulative Energy Demand* V1.8).

Las categorías de impacto seleccionadas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los impactos seleccionados

Categoria de impacto	Descripción
Destrucción de la capa de ozono	La capa de ozono es un filtro de radiación ultravioleta hacia la tierra. Los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs) destruyen esta capa.
Cambio climático	Aumento de la temperatura de la tierra como consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero tales como CO_2, CH_4, NOx, O_3, etc (quema de combustible, emisiones industriales, etc.).
Oxidación fotoquímica (smog)	Es un oxidante fotoquímico que junto a los COV y NOx (quema de combustible, emisiones industriales, etc.) forman el smog fotoquímico.
Acidificación	Disminución del pH del suelo y del agua como consecuencia de emisiones de NOx, SO_2, NO_2, NH_3, HCl, HF, etc.
Eutrofización	Aumento de los nutrientes inorgánicos SO_{-4} y NO_{-3} en el agua (excrementos, fertilizantes, etc.).
Compuestos carcinogénicos	Compuestos químicos que generan cáncer al ser humano.
Contaminantes no carcinogénicos	Compuestos químicos que generan enfermedades diferentes al cáncer.
Efectos respiratorios	Contaminantes que causan enfermedades respiratorias.
Ecotoxicidad	Contaminantes que causan toxicidad a los ecosistemas (plantas y animales)
Uso del suelo agrícola o urbano.	El uso del suelo genera impactos ambientales. Área de suelo agrícola o urbano utilizado y/o ocupada derivada de una actividad industrial.
Agotamiento de los recursos minerales	Por ejemplo: minerales como la bauxita, la caliza, hierro, etc.
Agotamiento de los recursos fósiles	Por ejemplo: petróleo, gas natural, carbón, etc.
Energía embebida	Energía requerida a lo largo del ciclo de vida de un producto. Incluye energía no renovable de origen fósil, nuclear, de biomasa y renovable de origen solar, geotérmica, eólica e hídrica.

2.2.4. Otras consideraciones

Las limitaciones del presente estudio como sucede con todos los ACV, se derivan fundamentalmente de la accesibilidad, disponibilidad y calidad de datos de base, los cuales pueden afectar a la precisión de los cálculos. Asimismo, el hecho de combinar información local con la que proviene de bases de datos generadas en sitios ajenos al caso de estudio, introduce cierta incertidumbre en los resultados. Por ejemplo, las condiciones medias de Estados Unidos y Canadá (US LCI) y sobre todo las de Europa (Ecoinvent), generalmente no representan las circunstancias asociadas a los procesos de producción de México.

Además, hay que tener en cuenta que categorías tales como el impacto de uso del suelo agrícola o urbano, agotamiento de recursos hídricos, agotamiento de los recursos minerales, agotamiento de los recursos fósiles y la energía embebida están calculadas por los métodos ReCiPe y CED, desarrollados para Europa y sólo representan parcialmente las condiciones mexicanas. No obstante a falta de métodos específicos para Norteamérica, es necesario considerar al menos estos datos y métodos sin perder de vista la relatividad de los resultados. Esto significa que aunque la información no sea totalmente precisa para el entorno local, al utilizarse como referente para los dos casos estudiados, la comparación de resultados sí puede considerarse fiable.

3. ANÁLISIS DE INVENTARIO

Los datos sobre las entradas y salidas de los procesos unitarios de fabricación de los BTC, fueron desarrollados a partir de la práctica productiva realizada en la Universidad Autónoma de Tamaulipas especialmente en el año 2011, acotada a la región de Tamaulipas, en el noreste de la República Mexicana. La técnica de recopilación de estos datos se ha realizado a partir de la propia experiencia académica.

Lo mismo se puede decir acerca del tipo y cantidad de materias primas, así como las distancias de transporte desde su área de suministro.

No obstante, los datos cualitativos de la etapa de suministro de materias primas, que incluye la extracción y procesado de los materiales, como por ejemplo el cemento, o el tipo de transporte, se han tomado de la base de datos US LCI, la cual muestra datos medios de Estados Unidos a partir de una mezcla de tecnologías. Cuando no ha sido posible obtener información, se ha utilizado la base de datos Ecoinvent.

El modelo de ciclo de vida diseñado en el software SimaPro se ha realizado utilizando los procesos que se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Procesos seleccionados en el modelo

Proceso	Proceso en la base de datos	Base de datos
Cemento Portland	Portland cement, at plant/US	US LCI
Transporte en camión	Transport, single unit truck, diesel powered/US	
Maquinaria de demolición	Loader operation, large, INW/RNA	
Gasolina revolvedora	Gasoline, combusted in equipment/US	
Arcilla	Clay, at mine/CH U	Ecoinvent
Arena	Sand, at mine/CH U	
Cal hidráulica	Lime, hydraulic, at plant/CH U	
Embalaje de la cal hidráulica	Kraft paper, unbleached, at plant/RER U	
Agua	Tap water, at user/RER U	
Pegamento	Vinyl acetate, at plant/RER U	
Sal de mesa	Sodium hydroxide, 50% in H2O, diaphragm cell, at plant/RER U	
Vertedero BTC	Disposal, limestone residue, 5% water, to inert material landfill/CH U	

A continuación, se describen los datos recopilados que conforman el inventario de este estudio ACV, a partir de la información local y la obtenida de las bases extranjeras.

3.1. Etapa de materias primas y fabricación

Esta etapa incluye la extracción y procesado de las materias primas, su transporte hasta la obra y los recursos naturales empleados para la fabricación de los BTC.

Se considera la extracción minera y el procesado de la arcilla y la arena así como todos los procesos de la fabricación del cemento Portland y la cal hidráulica.

El transporte de las materias primas se hace mediante camiones que utilizan diesel como combustible y las distancias son las que se indican en la Tabla 3. Todas las materias primas se transportan a granel excepto la cal hidráulica que se proporciona en sacos de 25 kg de papel, suponiendo que un saco pesa 100 g y está fabricado con papel kraft. Se estima que los sacos de papel se eliminan en un vertedero local.

Tabla 3. Datos de inventario de la fabricación de los BTC

Tipo de BTC	Materia prima	Tipo de materia prima	% en massa	Procedencia hasta lugar de fabricación del BTC (km)	Consumo de agua (L/kg BTC)
BTC-1	Cemento	Procesada	8	105	0,42
	Arcilla	Sin procesar	43,85	10	
	Arena limosa	Sin procesar	48,15	35	
BTC-2	Cal hidráulica	Procesada	7	400	0,42
	Arcilla	Sin procesar	44,38	10	
	Arena limosa	Sin procesar	48,62	35	

Los BTC se fabrican en el mismo lugar de la obra. La mezcla de los componentes de los BTC se realiza mediante una revolvedora que consume 0,0183 l/kg de gasolina. La mezcla de las materias primas se introduce en un molde que cuenta con una prensa hidráulica que se acciona manualmente de manera que se le da forma a los BTC.

Los bloques formados deben dejarse secar entre 5 y 10 días antes de ser colocados en la obra para conformar el muro. El agua que se utiliza proviene de la red de municipal.

3.2. Etapa de obra y de mantenimiento

Esta fase consiste en la colocación de los BTC conformando un tramo de muro, e incluye el consumo del mortero para unir los bloques, el revoque y la pintura que proporciona el acabado superficial. Para la unión de los bloques y el revoque se utilizan 0,006 m^3 de mortero. Un metro cúbico de mortero se prepara con 389 kg de cal, 1520 kg de arena y 200 l de agua. Como acabado superficial su utiliza una pintura a la cal. Se emplean 0,143 litros por metro cuadrado de pared. Para fabricar 10 litros de pintura se consideran 4 kg de cal, 0,5 kg de sal de mesa y 0,25 ml de acetato de polivinilo (pegamento RESISTOL 850).

El único mantenimiento que requiere el muro consiste en pintarlo cada dos años con la misma pintura a la cal que se usó al construir el muro. Cada vez que se pinta el muro se consumen 0,0715 l/m^2. Como se ha comentado anteriormente, la vida útil de los muros de BTC es de 30 años, por lo que se realiza el cálculo correspondiente a la cantidad de pintura requerida en concepto de mantenimiento.

3.3. Etapa de fin de vida

Pasados los 30 años, cuando el muro ha llegado a su fin de vida, se considera su demolición, la cual se llevaría a cabo con una retroexcavadora de tipo Backhoe Loaders. Se estima un tiempo de trabajo por parte de esta máquina de 0,144 h/m^3 (Doka, 2009). El residuo de BTC derruido se transporta una distancia de 30 km ya sea hasta el vertedero o bien, hasta el punto donde será reciclado. Se considera que el reciclado tiene un impacto nulo respecto a la disposición en vertedero.

Debido a la alta reciclabilidad de los BTC, se estable un escenario que consiste en que el 90% de los residuos de BTC se reciclan y el restante 10% va a un vertedero de materiales inertes. Los límites del sistema del reciclado terminan una vez los residuos han sido trasladados al punto donde se reciclará el material. No se incluye en este estudio ni la preparación del material, es decir su triturado, ni el nuevo uso que se le dé a este material secundario. Estos últimos impactos, así como la cantidad de material que se evita por el hecho de utilizar material secundario (antes residuo) podrían incluirse en el caso en el que el BTC sea fabricado con residuos de antiguos bloques.

4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL E INTERPRETACIÓN

Como se ha comentado, para la obtención de los resultados del ACV se ha utilizado el software SimaPro 7.3.3. Se manejaron 3 métodos de evaluación para diferentes categorías de impacto:

- TRACI 2 V.4: *Destrucción de la capa de ozono, Cambio climático, Oxidantes fotoquímicos (smog), Acidificación, Eutrofización, Carcinogénicos, No carcinogénicos sobre la salud humana, Efectos respiratorios sobre la salud humana y Ecotoxicidad*.
- ReCiPe Midpoint (I) V1.06 / World ReCiPe I: *Uso de suelo agrícola y urbano, Agotamiento de recursos hídricos, Agotamiento de recursos minerales y Agotamiento de recursos fósiles*.
- CED (Cumulative Energy Demand): *Energía embebida*.

Los resultados del ACV del muro de los BTC-1 se muestran en la Tabla 4 por Unidad Funcional, es decir 1m^2 de muro.

Tabla 4. Resultados globales del ACV del muro de BTC-1

Categoría de impacto	MP y fabricación	Obra y manteniemiento	Fin de vida	Total
Destrucción de la capa de ozono (kg CFC-11 eq)	3,99E-07	1,04E-07	1,48E-08	**5,18E-07**
Cambio climático (kg CO_2 eq)	55,23	2,04	3,64	**60,91**
Oxidantes fotoquímicos - smog (kg O_3 eq)	8,46	0,07	1,05	**9,59**
Acidificación (mol H+ eq)	21,12	0,18	1,95	**23,24**
Eutrofización (kg N eq)	1,63E-02	2,47E-04	2,06E-03	**1,86E-02**
Salud Humana: carcinogénicos (CTUh)	4,01E-07	1,41E-09	5,04E-08	**4,53E-07**
SH: no carcinogénicos (CTUh)	5,99E-06	7,37E-08	4,85E-07	**6,55E-06**
SH: efectos respiratorios (kg MP10 eq)	4,75E-02	6,62E-04	2,68E-03	**5,08E-02**
Ecotoxicidad (CTUe)	54,94	0,04	9,30	**64,29**
Uso de suelo agrícola y urbano (m^2a)	7,47	4,85	2,48	**14,8**
Agotamiento de recursos hídricos (m^3)	4,08E-01	1,43	8,11E-05	**1,84**
Agotamiento de recursos minerales (kg Fe eq)	7,31E-03	3,07E-03	5,26E-06	**1,04E-02**
Agotamiento de recursos fósiles (kg Petróleo eq)	10,36	0,23	1,22	**11,81**
Energía embebida (MJ)	446,77	16,59	53,77	**517,13**

*CTUh : Unidad de Toxicidad Humana (Casos de toxicidad/$kg_{emisión}$)
*CTUe: Unidad de Toxicidad en los Ecosistemas (PAF m^3 día /$kg_{emitido}$). PAF: Fracción Potencialmente Afectada de especies.

Como se puede observar, las materias primas y fabricación es la etapa que presenta mayor impacto ambiental, con más del 70% del impacto sobre todas las categorías excepto la del *agotamiento de los recursos hídricos*.

El consumo de agua durante la construcción del muro, es el que más contribuye al *agotamiento de los recursos hídricos*. Además, esta etapa de obra repercute de manera importante sobre la *destrucción de la capa de ozono*, *agotamiento de los recursos hídricos* y el *agotamiento de los recursos minerales*. El fin de vida contribuye entre un 3% y 23% sobre el total.

El mezclado mediante la revolvedora es el causante de más del 50% del impacto sobre el *smog*, *acidificación*, *eutrofización*, *carcinogénicos*, *ecotoxicidad*, *agotamiento de los recursos fósiles* y en la *energía embebida*, a consecuencia de la producción y combustión de la gasolina que consume.

El cemento y más concretamente su clinker, es el responsable de más de la mitad del impacto sobre la *destrucción de la capa de ozono, cambio climático, no carcinogénicos y efectos respiratorios*.

La arena incide con más 55% del impacto total sobre el *uso del suelo agrícola y urbano, agotamiento de los recursos hídricos y agotamiento de los recursos minerales*. El transporte de las materias primas incide hasta un 10% dependiendo de la categoría de impacto.

Finalmente, la producción y combustión de la gasolina es el proceso con más *energía embebida*, toda ella procedente de recursos fósiles. En segundo lugar en consumo energético sería el cemento Portland.

Los resultados del ACV del muro de los BTC-2 se muestran en la Tabla 5 por Unidad Funcional, es decir 1 m^2 de muro.

Como se puede observar, las materias primas y fabricación presentan el mayor impacto ambiental con valores entre un 22% - 92% del total del impacto para cada categoría.

La etapa de construcción del muro contribuye de manera importante en las categorías de *agotamiento de los recursos hídricos* y en menor medida sobre la *destrucción de la capa de ozono* y el *agotamiento de los recursos minerales*.

El fin de vida es otra etapa con impacto relevante sobre la mayoría de las categorías. Por último, el mantenimiento no influye sobre el total. El proceso de mezclado mediante la revolvedora es el causante de más del 50% del impacto sobre el *smog*, *cambio acidificación*, *eutrofización*, *carcinogénicos*, *no carcinogénicos*, *ecotoxicidad*, *agotamiento de los recursos*

fósiles y en la *energía embebida*, debido a la producción y combustión de la gasolina que consume.

Tabla 5. Resultados globales del ACV del muro de BTC-2

Categoría de impacto	MP y fabricación	Obra y mantenimiento	Fin de vida	TOTAL
Destrucción de la capa de ozono (kg CFC-11 eq)	1,08E-06	1,04E-07	1,32E-08	**1,20E-06**
Cambio climático (kg CO_2 eq)	35,74	2,04	3,40	**41,18**
Oxidantes fotoquímicos - smog (kg O_3 eq)	6,34	0,07	1,01	**7,42**
Acidificación (mol H+ eq)	12,24	0,18	1,86	**14,28**
Eutrofización (kg N eq)	1,50E-02	2,47E-04	1,97E-03	**1,72E-02**
Salud Humana: carcinogénicos (CTUh)	2,88E-07	1,41E-09	4,73E-08	**3,37E-07**
SH: no carcinogénicos (CTUh)	3,49E-06	7,37E-08	4,56E-07	**4,02E-06**
SH: efectos respiratorios (kg MP10 eq)	1,83E-02	6,62E-04	2,57E-03	**2,15E-02**
Ecotoxicidad (CTUe)	50,89	0,04	8,73	**59,66**
Uso de suelo agrícola y urbano (m^2a)	11,21	0,00	0,02	**11,24**
Agotamiento de recursos hídricos (m^3)	0,41	1,43	0,00	**1,84**
Agotamiento de recursos minerales (kg Fe eq)	3,51E-02	3,07E-03	4,70E-06	**3,82E-02**
Agotamiento de recursos fósiles (kg Petróleo eq)	8,85	0,23	1,14	**10,22**
Energía embebida (MJ)	451,14	11,85	48,11	**511,10**

*CTUh : Unidad de Toxicidad Humana (Casos de toxicidad/$kg_{emisión}$)
*CTUe: Unidad de Toxicidad en los Ecosistemas (PAF m^3 día /$kg_{emitido}$). PAF: Fracción Potencialmente Afectada de especies.

La cal es la responsable de entre 1% y el 80% del impacto dependiendo de la categoría debido al diesel que utiliza la maquinaria para su extracción.

El embalaje de la cal presenta su mayor impacto en el *uso del suelo* ya que se requieren plantaciones madereras para la fabricación del papel aunque también incide sobre el resto de categorías.

La arena incide con un 50% del impacto total sobre el *agotamiento de los recursos hídricos* y con un 20% sobre el *agotamiento de los recursos minerales*.

El transporte de las materias primas incide hasta un 15% dependiendo de la categoría de impacto. En este caso también es la producción y combustión de la gasolina el proceso con más *energía embebida*, toda ella procedente de recursos fósiles. En segundo lugar el consumo energético sería el la cal hidráulica.

La Tabla 6 muestra un resumen de los resultados del ACV de los BTC. Se evidencia el impacto por bloque, hasta que se construye el muro y de todo el ciclo de vida de ambos tipos de bloques.

Tabla 6. Resumen de resultados del ACV de los BTC

Categoría de impacto	BTC-1	BTC-2
Destrucción de la capa de ozono (kg CFC-11 eq)	**5,18E-07**	**1,20E-06**
Cambio climático (kg CO_2 eq)	**60,91**	**41,18**
Oxidantes fotoquímicos - smog (kg O_3 eq)	**9,59**	**7,42**
Acidificación (mol H+ eq)	**23,24**	**14,28**
Eutrofización (kg N eq)	**1,86E-02**	**1,72E-02**
Salud Humana: carcinogénicos (CTUh)	**4,53E-07**	**3,37E-07**
SH: no carcinogénicos (CTUh)	**6,55E-06**	**4,02E-06**
SH: efectos respiratorios (kg MP10 eq)	**5,08E-02**	**2,15E-02**
Ecotoxicidad (CTUe)	**64,29**	**59,66**
Uso de suelo agrícola y urbano (m^2a)	**14,8**	**11,24**
Agotamiento de recursos hídricos (m^3)	**1,84**	**1,84**
Agotamiento de recursos minerales (kg Fe eq)	**1,04E-02**	**3,82E-02**
Agotamiento de recursos fósiles (kg Petróleo eq)	**11,81**	**10,22**
Energía embebida (MJ)	**517,13**	**511,10**

5. CONCLUSIONES

Como se puede observar, la mayor parte de los conceptos evaluados para el caso de los bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento (BTC-1) presenta valores superiores a los BTC-2, en los que el estabilizante es la cal.

Este hecho obedece a que, a pesar de que la baja cantidad de estabilizante empleado, el impacto que conlleva la fabricación del cemento es mucho más elevado que el de la cal.

Este valor resulta especialmente significativo para conceptos tales como la *destrucción de la capa de ozono* en el que los bloques con cemento cuadruplican la afectación de los que llevan cal. Consecuentemente el dato sobre los efectos en el cambio climático son casi cincuenta por ciento superiores en los BTC-1.

Es evidente que la elevada temperatura a la que se produce el cemento en comparación con la cal así como la duración de su proceso, provocan un fuerte efecto en la generación de gases de efecto invernadero. Mientras que el cemento requiere temperaturas de calcinación del carbonato de calcio y del clinker cercanas a los 1500°C, la cal se produce a 900°C.

En los efectos sobre la salud también resulta notablemente más perjudicial el uso del cemento. Este fenómeno se deriva de la emisión de substancias contaminantes que se generan durante la producción del cemento en el que además de los desechos generados por la combustión, la materia prima despide gases al calcinarse.

Destaca el impacto del embalaje de la cal sobre el uso del suelo debido a los árboles requeridos para la fabricación del papel. En ambos casos la etapa de construcción del muro, contribuye de manera importante sobre el agotamiento de los recursos hídricos y sobre el agotamiento de los recursos naturales. El final del proceso influye hasta en un 23% sobre el ciclo de vida de los BTC-1 y mientras que el 15% sobre los BTC-2. El mantenimiento apenas influye sobre el total.

Un dato que llama la atención es el de la energía embebida que resultó ser superior en el caso de los bloques que utilizan cemento. Lo cual es lógico ya que la energía embebida del bloque con cemento ser superior a la de la cal.

Finalmente, hay que reconocer que cualquier proceso industrial tendrá un efecto negativo sobre el medio ambiente que debe ser evaluado con miras a identificar las fases de su transformación que resultan más nocivas. Pero, en el caso que se analiza en este texto, se ha podido constatar que ante la posibilidad de optar por un estabilizante para la realización de bloques de tierra comprimida (BTC) el uso de la cal tendrá menor impacto que el cemento sobre el entorno natural y sobre la salud.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Doka, G. (2009). Ecoinvet, 2009. Life cycle inventory of waste treatment service. En *Ecoinvent report No. 13.* Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

Guerrero, L.; Alonso, E. M.; Bedolla, J. A. (2009). La cal como componente de la arquitectura de tierra. En: *Los bloques de tierra comprimida (BTC) en zonas húmedas.* México: Plaza y Valdés, pp. 43-68.

Guerrero, L.; Roux, R.; Soria, F.J. (2011). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. En: *Palapa* Vol. V, No. I (10), Colima: Universidad de Colima, pp. 45-58.

International Standad (2006). ISO 14040:2006. *Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.* Switzerland: ISO.

International Standad (2006). ISO 14044:2006. *Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines*. Switzerland: ISO.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, AC. (2008). NMX-SAA-14040-IMNC-2008. *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*. México: IMNC.

Roux, R.; Guerrero, L. (2011). Resistencia a la humedad de bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento y con cal. En: *Earth USA 2011 Proceedings*, Albuquerque: EARTH USA, pp. 200-209.

Roux R.; Guerrero L. (2012). Estudio comparativo de bloques de tierra comprimida estabilizados con cal y con cemento. En: *Construcción con Tierra,* No. 5, Buenos Aires: UBA, pp. 83-92.

Curriculos

Rubén Salvador Roux Gutiérrez. Arquitecto en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Doctor en ETSA de la Universidad de Sevilla. Actualmente es Jefe de Investigación de la FADU de la UAT-Tampico. Líder del Cuerpo Académico UAT-CA-075. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel I) y de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Luis Guerrero. Arquitecto, Maestro en Restauración Arquitectónica y Doctor en Diseño con especialidad en Conservación Patrimonial. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Coordinador del Comité Científico de Patrimonio Construido con Tierra del ICOMOS Mexicano.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGIGAS PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Osvaldo Albarracin, Mary Saldivar, Lucas Garino Libardi

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat – Fac. de Arquitectura Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan, Argentina
Av. Ignacio de la Roza y Meglioli– Rivadavia – CP 5400 San Juan Argentina
Tel. (+54) 0264 4232395/4233259
irpha@faud.edu.ar; osvaldo_albarracin@yahoo.com.ar

Palabras claves: Construcciones espontáneas, vulnerabilidad sísmica, desarrollo tecnológico

Resumen

La construcción de adobes en lugares con alta peligrosidad sísmica es tan desaconsejable por parte de la ingeniería como difundida en las prácticas constructivas espontáneas de los sectores sociales con necesidades básicas insatisfechas.

En países de la región, con problemáticas socioeconómicas agudas, se han desarrollado métodos de reforzamiento de edificios construidos con tierra cruda que posibilitan la disminución del riesgo de colapso por comportamiento frágil, al tiempo que propician un comportamiento elástico de las construcciones, retardando de esta manera el tiempo de colapso ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable.

No obstante, tales desarrollos no resultan de aplicación directa para la resolución de las problemáticas singulares del hábitat de sectores sociales de bajos recursos en la provincia de San Juan.

El trabajo que se presenta adquiere características de informe de avance del proyecto bianual en desarrollo: “Mejoramiento de la Respuesta Sísmica de Construcciones de Adobes”, que cuenta con financiamiento de la UNSJ. La investigación tiene como unidades ejecutoras al Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa) y al Instituto de Investigaciones Antisísmicas (IDIA), ambas unidades de la UNSJ.

El proyecto se propone desarrollar alternativas constructivas sustentables, económica y socialmente, para el mejoramiento sísmico de tipos constructivos de adobes de carácter espontáneo. Es decir se busca proponer y evaluar distintos métodos y técnicas de reforzamiento de construcciones existentes, susceptibles de ser ejecutadas por autoconstrucción manteniendo su viabilidad económica.

La metodología aplicada, de carácter experimental, consiste en la verificación empírica de la respuesta sísmica comparada de distintas técnicas de reforzamiento de mamposterías de adobes mediante el empleo de diferentes tipos de mallas y revoques.

Al efecto se realizan ensayos destructivos pseudo-estáticos de mamposterías reforzadas y sin reforzar en muro reactivo, ensayos dinámicos en mesa vibratoria de modelos escala 1:2, ensayos de resistencia mecánica de pilas y muretes, etc.

1. INTRODUCCION

El Gran San Juan se encuentra ubicado en el Valle de Tulúm, que a su vez se localiza en la provincia de San Juan, caracterizada como la región de mayor peligrosidad sísmica de la República Argentina. Su superficie se desarrolla en zonas definidas como 3 y 4, en una escala creciente que va de 0 a 4, según la clasificación del INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica).

En ocasiones de ocurrencia de terremotos de carácter destructivo son cuantiosas las pérdidas de vidas humanas y de bienes producidas por el colapso de edificaciones que no están concebidas para responder adecuadamente al evento.

Si bien rige en el país la norma INPRES-CIRSOC 103 con prescripciones sismorresistentes para la construcción de edificios, existen áreas urbanas y suburbanas con diferentes grados de vulnerabilidad sísmica.

El hábitat de los sectores poblacionales con necesidades básicas insatisfechas es el que presenta mayores niveles de vulnerabilidad sísmica. La limitada inserción del sector en el conjunto social formal ha dificultado en las pasadas décadas, el acceso tanto a planes gubernamentales de viviendas, al servicio profesional específico como a materiales de construcción de cierto costo al momento de materializar el hábitat familiar.

Puede afirmarse que si bien existe en el sector cierta cultura constructiva producto de la necesidad, no existe una marcada conciencia sobre los efectos que un sismo destructivo pueda ocasionar en las viviendas.

Por lo tanto, constituye un desafío proponer soluciones innovadoras de orden tecnológico que resulten aptas para la recuperación de viviendas con intervenciones espontáneas de sectores sociales con necesidades básicas insatisfechas.

Se trata entonces de abordar la problemáticas de viviendas autoconstruidas y realizadas sin asistencia técnica ni control de los organismos pertinentes. Construidas en forma espontánea por sus habitantes en terrenos propios y que no obstante su vulnerabilidad son susceptibles de ser recuperadas con la aplicación de recursos tecnológicos de mitigación del riesgo de colapso.

2. MARCO TEORICO

Tecnologías apropiadas (o sustentables) aplicadas a la materialización del hábitat humano, son aquellas cuya adopción ofrece ventajas comparativas respecto de otras alternativas en los planos económicos, sociales y del ambiente físico. Posibilitando el máximo aprovechamiento de los recursos físicos disponibles en términos de materiales y equipos empleados, a la vez que capitalizan recursos humanos y potencian conocimientos técnicos y capacidades, en un todo armónico que articula aspectos productivo-culturales con el mejoramiento de la calidad de vida tanto de los futuros usuarios de los espacios en construcción, como la de los sectores involucrados directa o indirectamente en su materialización.

La sociedad para la transferencia y tecnología de Alemania *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*, conocida como GTZ, entiende que una tecnología es considerada apropiada cuando emplea óptimamente recursos locales en una forma amigable al ambiente y cuando es recomendable para circunstancias ecológicas, económicas y socioculturales de un país. Las tecnologías apropiadas promueven un desarrollo sustentable.

La problemática de los desastres ha transitado durante los últimos 20 años una fuerte evolución conceptual. Los desastres se dejaron de ser vistos como un sinónimo de eventos naturales, el sencillo resultado, casi automático, de estar expuestos a estos, o la falta de la respuesta física frente a tales eventos y comenzaron a comprenderse como una orientación guiada por el reconocimiento del riesgo.

Se define como amenaza, a la posibilidad de que ocurra un fenómeno o un evento adverso que podría generar daño en las personas o su entorno, derivado de la naturaleza, de la actividad humana o de una combinación de ambos y que puede manifestarse en un momento y un lugar específicos con una magnitud determinada.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de un elemento o de un sistema de ser afectado gravemente (por ej.: un edificio o un conjunto de viviendas). Es el factor interno del riesgo, debido a que esta situación depende de la actividad humana. La vulnerabilidad debe entenderse en función de cada tipo de amenaza. Una vivienda o cualquier otro tipo de construcción pueden ser vulnerables a los terremotos si no cuenta con un diseño adecuado, por ejemplo.

La interacción de la amenaza y la vulnerabilidad en determinado momento y circunstancia genera un riesgo, es decir, la probabilidad de la generación de daños por la presentación del fenómeno esperado, en un lugar específico y con una magnitud determinada.

Desde una perspectiva cuantitativa la vulnerabilidad edilicia en el campo de la vivienda resulta uno de los aspectos de relevancia a considerar en la evaluación del riesgo sísmico. Por su parte, la mitigación de la misma aparece como requerimiento de primer orden en cualquier acción relativa a la gestión del riesgo a escala urbana.

Factores de orden tecnológico, económico y social se conjugan en la génesis de todo edificio, particularmente en los destinados a vivienda y son estos factores los que inciden en los niveles de vulnerabilidad sísmica resultante, y es por ello que deben considerarse en toda acción que tenga como objetivo la mitigación del riesgo ante sismos de diferente intensidad.

En la región, la sismorresistencia constituye un factor de fuerte incidencia en la habitabilidad de las viviendas. Sumado a ello, dentro de los niveles de exclusión social de los sectores aludidos se manifiestan físicamente en la materialización de barrios de viviendas autoconstruidas con índices de habitabilidad considerablemente bajos. Esta situación, tiene origen en la dificultad de sus habitantes para acceder tanto al servicio profesional especializado como a materiales de construcción “nobles”. El resultado son agrupamientos de viviendas de construcción espontánea realizadas sin asistencia técnica ni control estatal que se localizan en áreas periurbanas.

Las normas de construcción, nacionales y provinciales (INPRES CIRSOC – Código de Edificación de San Juan), prescriben consideraciones estructurales para que una construcción pueda ser considerada habitable. Tales normas no resultan aplicables a los casos de las viviendas existentes mencionadas ya que su aplicación estricta induciría a la demolición con el consecuente impacto social que afectaría a un sinnúmero de pobladores.

No obstante existen métodos de consolidación de edificios construidos con tierra cruda, desarrollados por investigadores de la PUCP, que podrían ser de aplicación a la problemática, posibilitando la disminución del riesgo de colapso por comportamiento frágil, al tiempo que propicie un comportamiento elástico de la construcción, retardando de esta manera el tiempo de colapso ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable (Zegarra et al, 1999).

La sustentabilidad económica de las soluciones factibles podría encontrar en la autoconstrucción asistida un recurso posibilitante. Entendida aquella como los métodos y/o técnicas de construcción que con apoyatura técnica, permitan, el mejoramiento de la sismorresistencia de la vivienda, mediante el esfuerzo propio o la ayuda mutua, con la adopción de procedimientos y sistemas constructivos de baja complejidad.

3. OBJETIVOS

- Determinar las características mecánicas de mampuesto y mamposterías de adobe, propias de nuestra región (Saldivar et al, 2004).
- Determinar las características mecánicas de los materiales factibles de emplearse en el reforzamiento de construcciones existentes y/o a construir.
- Comparar el comportamiento frente a sismos severos de la mampostería de adobe sin reforzar y reforzada con geomallas, malla de acero ymallas plásticas.

4. METODOLOGIA

La metodología aplicada, de carácter experimental, consiste en la verificación empírica de la respuesta sísmica de distintas técnica de reforzamiento de mamposterías de adobes mediante el empleo de diferentes tipos de mallas y revoques.

Innovaciones tecnológicas como la presente, aun tratándose de reelaboraciones de modos constructivos conocidos, requieren la constatación experimental de sus propiedades en relación con la problemática que se proponen atender y los aspectos contextuales.

En este caso en particular la verificación de los desarrollos debe hacerse al menos en dos aspectos de relevancia:

- Su capacidad de respuesta en relación al sismo
- Sus aptitudes para la autoconstrucción

4.1 En relación al sismo

Con respecto a esta variable necesitamos conocer, la capacidad de respuesta frente a eventos sísmicos de características destructivas, de diferentes alternativas constructivas. Esto implica determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del sistema resistente a cargas laterales en su estado actual (muros de adobe)y con las mejoras propuestas (muros reforzados).

Para alcanzar este objetivo se propone la realización de una serie de ensayos que van desde los elementos individuales del sistema constructivo (adobe, mallas) hasta un modelo en escala 1:2 de un módulo de vivienda.

Los ensayos previstos a realizar para alcanzar los objetivos propuestos son:

- Ensayo de mallas plásticas y geomallas
- Ensayo de mampuestos de adobe a compresión.
- Ensayo a compresión diagonal de muretes de adobe, solos y reforzados (Figura 1).

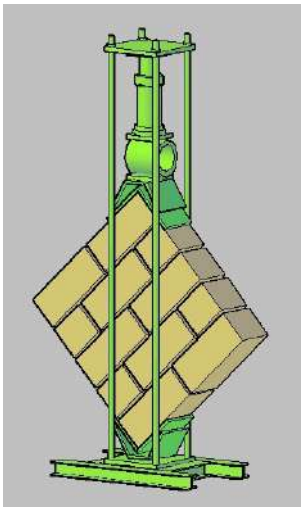


Figura 1. Ensayo de compresión diagonal de murete

- Ensayo en muro reactivo de muro de adobe en escala 1:1, solo y reforzado con geomalla, con mallas plásticas del mercado local y malla metálica.
- Construcción de un modelo correspondiente en escala 1:2 de un módulo prototipo, verificando los procedimientos utilizados en nuestro medio. Se construirá un modelo con la mampostería de adobe sola, otros con la mampostería reforzada con los materiales que presenten mejor comportamiento en los ensayos anteriores.
- Ejecución de ensayos dinámicos a baja amplitud para determinar características dinámicas del modelo.
- Ensayo dinámico del modelo comenzando con niveles bajos de aceleración y que se incrementan hasta que se produzca el estado último del modelo.

De cada ensayo se obtendrán los siguientes datos:

- Por observación directa:
  - Grado de agrietamiento
  - Mecanismo de falla
- Por medición mediante transductores:
  - Registro de deformación lateral del modelo ensayado.
  - Registro de Carga asociado al nivel de deformación en el modelo.
  - Registro de deformaciones diagonales.
  - Obtención de lineamientos para el diseño de técnicas de mejoramiento de la construcción de adobes.

4.2 Aptitudes para la autoconstrucción

Tal como se señalara, las soluciones constructivas de reforzamiento están dirigidas básicamente a viviendas de adobes autoconstruidas por sus moradores en áreas periurbanas. Debe suponerse entonces cierta capacidad de la mano de obra en el manejo de técnicas relativas a la construcción con tierra cruda. No obstante de estudios de campo previos al presente trabajo se infiere que tales capacidades son limitadas respecto al dominio de técnicas observables en áreas rurales donde existe una cultura constructiva heredada. Esta limitación se manifiesta particularmente en la dificultad en la ejecución de revoques de barro que tienden a desprenderse y/o agrietarse.

Los estudios sobre reforzamiento con geomallas realizados en la PUNC de Perú sugieren el revoque con barro sobre las mallas vinculadas entre sí, a través del muro. No obstante, y en mérito a las dificultades señaladas para la ejecución de revoques de barro, se optará por la inclusión de revoques cementicios por resultar estos de más fácil ejecución para mano de obra de baja calificación.

Se buscará resolver la conocida falta de adherencia entre la mampostería de adobes y el revoque cementicio mediante la previa saturación de los paramentos con agua-cemento como puente de adherencia para la realización posterior de un azotado con mortero 1:3 cemento/arena gruesa.

A continuación se colocará la malla (geomalla, de acero o plástica) y se procederá a la ejecución del revoque cementicio 1:6 cemento/arena gruesa.

Se esperan de esta manera buenos resultados en términos de:

- facilidad en la realización de los procedimientos constructivos.
- estabilidad de los revoques. (adherencia, fisuración)
- contribución al reforzamiento efectivo de las mamposterías.

5 ENSAYO DE MALLAS

La sustentabilidad económica de las soluciones constructivas supone, dentro de lo posible, el uso de materiales fácilmente obtenibles en el mercado local.

Las geomallas, si bien se presentan como la alternativa ya ensayada con buenos resultados en el reforzamiento de mamposterías de adobes, no son producidas por la industria nacional y su importación supone costos adicionales. Se trata entonces de encontrar materiales alternativos que contribuyan a la sostenibilidad económica de las soluciones propuestas.

La existencia en el mercado local de mallas plásticas y de acero electrosoldadas, ambas de fabricación nacional, induce a buscar en estos materiales una alternativa a las geomallas y evaluar su eficiencia como elemento de reforzamiento.

De acuerdo a la metodología presentada se comienza con el ensayo de los elementos individuales que forman parte, tanto de la mampostería, como del refuerzo. Como elemento de refuerzo se proponen diferentes mallas plásticas existentes en el mercado local, y mallas metálicas electrosoldadas.

El objetivo, de esta etapa, es determinar las características mecánicas de estos materiales: carga de rotura, deformación alcanzada en el momento de la rotura, la curva carga-deformación que nos muestra la respuesta del material y nos permite obtener los datos para su posterior modelado.

6 ENSAYO PSEUDO-ESTATICO

Con el objeto de estudiar el grado de mejora que la aplicación de un refuerzo tipo malla otorga a un muro de adobes en escala 1:1 sometido a acciones dinámicas, se ejecutarán ensayos pseudo-estáticos sobre muros sin reforzar y reforzados con geomallas, mallas plásticas y de acero (Zegarra et al, 1997a; 1997b; Saldivar et al, 2006).

Estos ensayos consisten en la aplicación de desplazamientos horizontales cíclicos en la parte más alta del muro y en su plano, midiendo la reacción a este desplazamiento a través de una celda de carga ubicada entre el actuador hidráulico y el muro reactivo.

El muro por su parte, se encuentra rígidamente vinculado a la losa de carga por su parte inferior y recibe en su parte superior peso linealmente distribuido que simula ser una reacción de techo. Esta reacción se aplica a través de una viga metálica que está conectada a la losa de carga por medio de dos columnas que poseen cada una un juego de actuadores hidráulicos y sendas celdas de carga.

Los desplazamientos son medidos por medio de transductores de posición (LVDT), especialmente el desplazamiento vertical es el que alimenta el circuito de control de lazo cerrado.

La figura 2 muestra un esquema de un ensayo de muro de adobes y la Figura 3 el muro reactivo que pertenece al Instituto de Investigaciones Antisísmicas (IDIA).

La curva carga vs deformación de piso (driff) en ciclos realizados cambiando la dirección de la aplicación de la carga, permite estudiar el cambio en la rigidez del muro en función del grado de degradación o daño y la capacidad de deformación previa al colapso.

Los datos experimentales obtenidos serán de utilidad para calibrar parámetros utilizados en la caracterización dinámica de muros de adobe en modelos matemáticos.

Al ser moderada la velocidad de aplicación de la carga y en escalones progresivos, el ensayo permite además el relevamiento del avance y distribución del patrón de grietas y el mecanismo de colapso dominante.

Partiendo de la filosofía del diseño sismorresistente para viviendas, es la “Seguridad de Vida”, el mecanismo de colapso es fundamental para garantizarlo. Las mejoras propuestas deben permitir un mecanismo de colapso más dúctil que el que presentan las viviendas de adobe, como se las construye actualmente, garantizando se esta manera la vida de sus moradores, de ahí la importancia de los resultados arrojados por ensayos pseudo-estáticos y dinámicos como los presentes en la metodología propuesta.

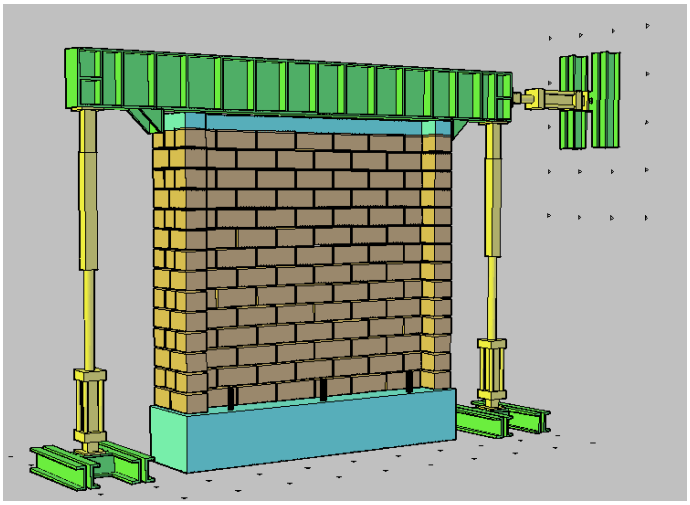


Figura 2. Modelo digital de ensayo

Figura 3. Losa de carga y muro reactivo

7 ENSAYO EN MESA VIBRATORIA

Para poder estudiar el comportamiento de modelos físicos y evaluar la mejora que implica el uso de mallas de refuerzo, se llevaran adelante ensayos en mesa vibratoria. El ensayo consiste en aplicar al módulo de vivienda seleccionado un movimiento en su base y medir y registrar su respuesta a ese movimiento. Es decir, simular un movimiento sísmico con el objetivo de evaluar el comportamiento global de la estructura.

Este tipo de ensayo se limita a modelos no muy pesados, grandes o rígidos, dependiendo de las capacidades de la instalación, por lo cual se ensayan normalmente modelos a escala reducida y luego se extrapolan sus resultados a la escala natural.

El modelo físico representa un módulo de dimensiones normalmente presente en las viviendas objeto de estudio. Será construido con la técnica tradicional, de forma que los valores obtenidos reflejen la situación real. El cerramiento horizontal, estará compuesto por un paquete estructural (rollizos – placa fenólica) y el peso de la capa de aislación térmica, que convencionalmente se materializa mediante la incorporación de tierra que apoya sobre un cañizo, se ejecutará con bolsas que contienen arena repartidas uniformemente y cuyo peso será equivalente al real en función del análisis de semejanza realizado

La capacidad de la mesa vibratoria, definida por sus dimensiones, peso máximo permitido y potencia del cilindro hidráulico, establecen las dimensiones del modelo físico a ensayar. En la figura 4, se muestran detalles de la geometría y dimensiones de la estructura a ensayar. La estructura está formada por muros de adobe de un solo nivel y trabados en los encuentros de muros. Mientras dos cerramientos verticales son ciegos, los restantes

poseen, uno una ventana de 0,64 m de ancho y 0,45 m de alto, y el restante una puerta de 0,43 m de ancho y 1,00 m de alto.

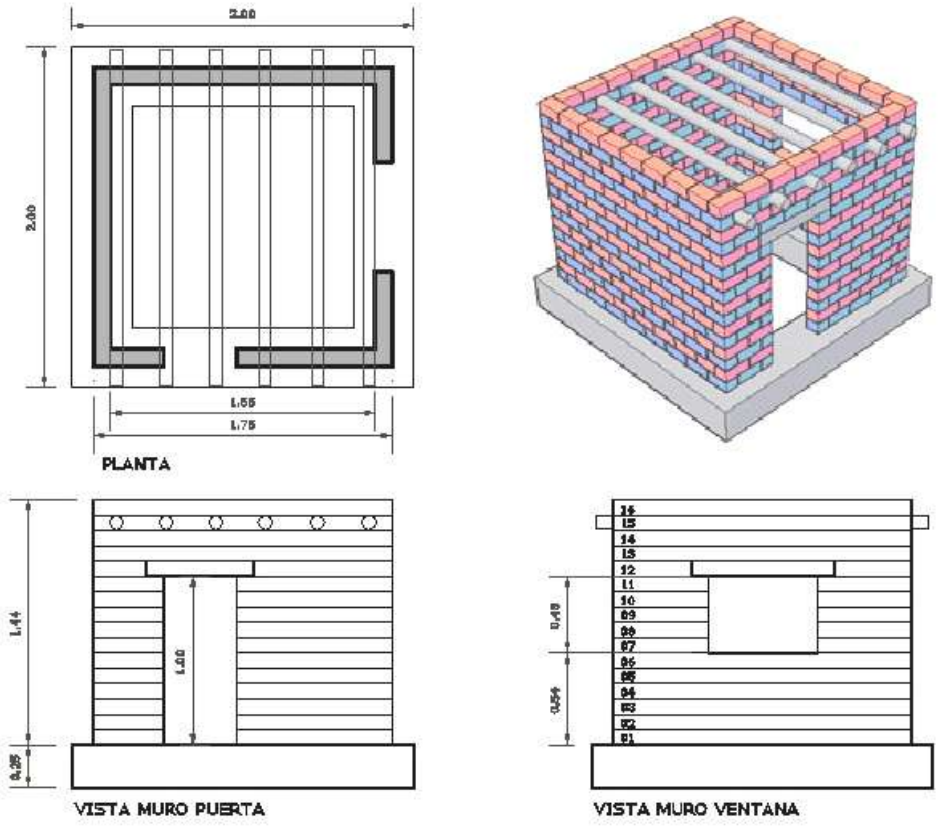


Figura 4. Modelo de prototipo en Mesa Vibratoria

8 ESTADO DE AVANCE DE LA INVESTIGACION

8.1 Ensayo de mallas

En la búsqueda de un material de refuerzo que sea compatible con el adobe, viable desde el punto de vista económico y de fácil implementación, las geomallas biaxiales aparecen como el material de refuerzo por excelencia para las construcciones de tierra. Recientes experimentos han demostrado que la geomalla forma con el adobe un material compuesto mejorando el comportamiento de los muros frente a solicitaciones sísmicas.

La geomalla posee propiedades estándar de resistencia y rigidez, siendo fabricado de mantas de polímero de alta densidad, las cuales son perforadas a intervalos regulares y luego estiradas en ambas direcciones a temperatura y fuerza controlada, a fin de obtener una malla biaxial con aberturas rectangulares, nudos rígidos y costillas flexibles.

La Norma Peruana (SENCICO, 2008), en su Anexo Nº1 establece:

La geomalla, constituida por material sintético, deberá reunir las siguientes características para ser usada como refuerzo de edificaciones de adobe:

- *Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con abertura máxima de 50mm y nudos integrados.*
- *Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m (350kgf/m), en ambas direcciones, para una elongación del 2%.*
- *Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en estructuras de tierra.*

El uso de otro tipo de mallas, sólo será permitido si acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ensayan mallas plásticas, polietileno de alta densidad, existentes en el mercado local y una muestra de geomalla.

A partir de los resultados obtenidos se realiza un estudio comparativo de los mismos que nos permita elegir de todos las mallas ensayadas las que tengan una mejor respuesta para continuar con ellas en los ensayos posteriores, muretes, muro y prototipo escalado.

El ensayo se realizó en la prensa o marco de carga del Instituto de Materiales y Suelos de la Universidad Nacional de San Juan. La figura 5, muestra el momento del ensayo de unas de las mallas seleccionadas.

En la figura 6 y en la tabla 1, se detallan las medidas geométricas de las muestras ensayadas y la forma de aplicación de la carga.

Las características físicas y los resultados obtenidos se indican en la tabla 2 y el gráfico presentado en la figura 7.

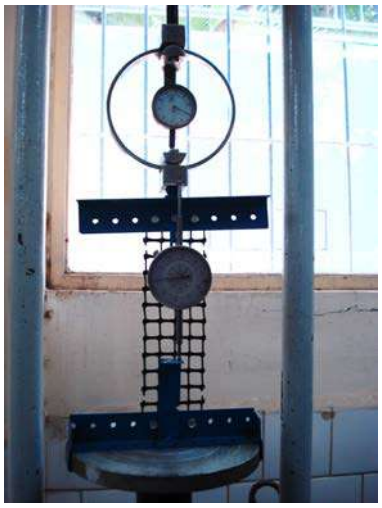


Figura 5. Máquina empleada en el ensayo

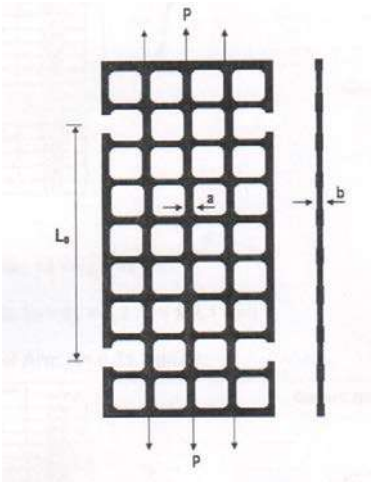


Figura 6. Esquema del material ensayado

Tabla 1. Dimensiones geométricas de las muestras

N° Muestra	Dimensiones (mm)			Dimensiones retícula (mm)
	Lo	a	b	
1	195	2,0	1,0	10x11
2	190	2,3	2,1	18x18
3	190	2,0	2,4	15x17
4	165	1,7	1,6	18x21
5	165	1,7	1,6	15x21

Tabla 2. Parámetros Mecánicos

N° Muestra	Módulo de rigidez inicial (kN/m)	Resistencia 2% deformación (kN/m)	Resistencia al 5% de elongación	Deformación última (%)
M1	10,5	0,15	0,18	15
M2	17,4	0,40	0,70	25
M3	21,3	0,50	0,85	18
M4	25,6	0,50	0,55	18
M5	23,6	0,40	0,52	18
M6	34,0	0,70	0,80	12

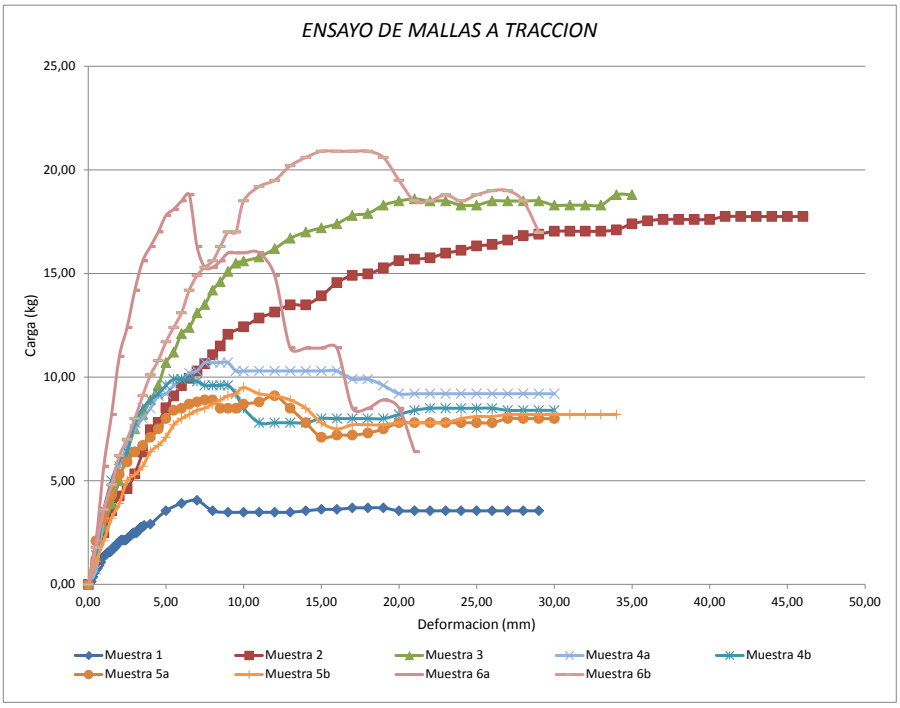


Figura 7. Gráfico carga x deformación de las mallas

Las mallas 2 y 3 son las que obtuvieron mejor comportamiento, como se observa en la gráfica de carga deformación. Presenta una curva continua, una resistencia a la tracción de aproximadamente 1 kN/m al 2% de elongación. La muestra 2 alcanza la rotura con una deformación ultima del 24% y una resistencia máxima de aproximadamente 1 kN/m. La muestra 3, en cambio, presenta una deformación última del 18% con una carga máxima muy similar, un poco superior.

En la figura 8, se superponen las curvas de la geomalla y de las muestras 2 y 3, correspondiente a las mallas plásticas seleccionadas. Se desprende de la gráfica que tanto la rigidez inicial como la resistencia a tracción es notablemente inferior en las mallas del mercado local con respecto a la geomalla, pero presentan una mayor deformación antes de la rotura.

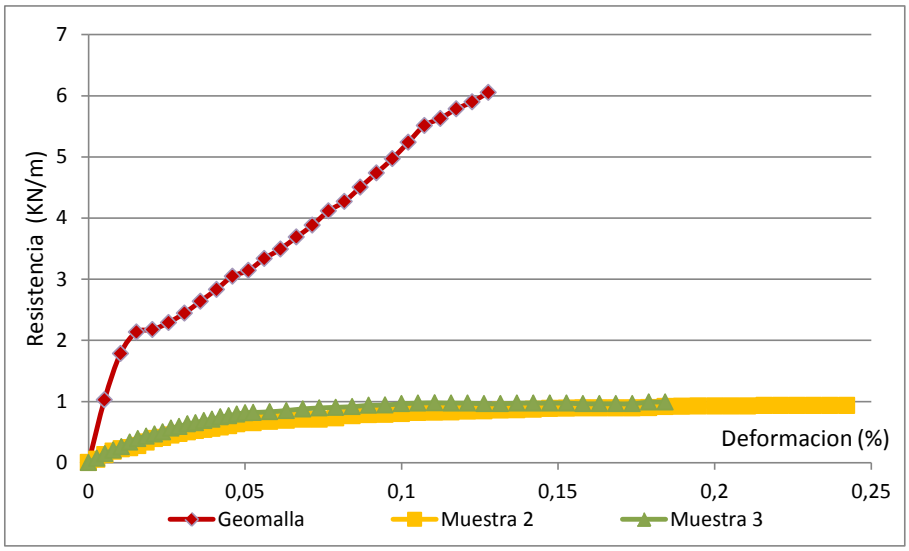


Figura 8. Gráfico comparativo

Cabe reiterar que el objetivo final es generar propuestas de mejoramiento de las construcciones de tierra, por lo tanto más que valores de resistencia de cada material interesa determinar la interacción con la tierra y el comportamiento que presenten como elemento compuesto.

9 CONCLUSIONES

El desarrollo incipiente del proyecto de investigación que da lugar al presente trabajo permite esbozar conclusiones de carácter parcial, referidas a la primera parte de los pasos metodológicos, es decir lo atinente al ensayo comparativo de mallas plásticas, y geomallas.

Los ensayos realizados y presentados en el punto correspondiente permiten afirmar:

Que las mallas plásticas con mejor respuesta mecánica, presentan un módulo de rigidez inicial de 20KN/m, muy inferior al establecido en las especificaciones de la geomalla.

Las mallas plásticas, existentes en el mercado local, poseen una resistencia a la tracción menor que la geomalla, como era de esperar debido a la diferente estructura molecular de ambas.

La curva carga-deformación es continua, lo que induce un comportamiento dúctil, evitando colapsos repentinos.

Las mallas de acero, responden a la curva característica del acero, si bien poseen una resistencia a tracción superior a las mallas plásticas, esto por sí solo no garantiza un mejor comportamiento global al trabajar en conjunto con el muro de adobe.

El trabajo en conjunto dependerá tanto de las propiedades mecánicas de los elementos individuales como de la capacidad de interacción entre ambos de forma que logren formar un material compuesto con propiedades que lo caractericen. Esta premisa habilita avanzar con ensayos pseudo-estáticos y dinámicos que permiten evaluar comportamientos globales frente a solicitaciones sísmicas, de materiales con propiedades físicas y mecánicas diferentes.

Como resultado final de la presente investigación se espera aportar información, conocimientos y tecnología sobre los tipos de refuerzos a aplicar a viviendas de adobe mejorando su desempeño sísmico, con materiales del mercado local y técnicas de construcción sencillas. Se intentará que tales alternativas resulten técnicamente aptas, socialmente apropiadas, económicamente viables, y ambientalmente sustentables.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

Saldivar, M; Albarracin, O. (2004). *Verificaciones experimentales del sistema constructivo en suelo-cemento para zona sísmica*. IV SIACOT. Portugal.

Saldivar, M.; Bustos, J.L.; Albarracin, O. (2006). *Ensayo bajo cargas horizontales de muro construido con mampuestos de suelo cemento.* V SIACOT. Mendoza, Argentina.

SENCICO (2008). *Reglamentación para el uso de la geomalla en el adobe*. Lima: Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO.

Zegarra L., Quiun, D., San Bartlomé, A., Gisecke A. (1997a). *Reforzamiento de viviendas de adobe existentes. 1era Parte: Ensayos sísmicos de muros 'U'* (Reinforcement of existing adobe houses. 1st Part: Seismic tests of "U" shaped walls), Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Perú.

Zegarra L., Quiun D., San Bartlomé, A., Gisecke A. (1997b). *Reforzamiento de viviendas de adobe existentes. 2da Parte: Ensayos sísmicos de módulos* (Reinforcement of existing adobe houses. 2nd Part: Seismic tests of housing modules); Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Perú

Zegarra L., Quiun, D., San Bartolomé, A., Giesecke, A. (1999). *Reforzamiento de viviendas existentes de adobe.* Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Huanuco, Perú.

Currículos

O. Albarracin, Arquitecto, Candidato a Doctor en Arquitectura (U.M.) Docente del Area de Tecnología de la FAUD. Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Vivienda de Interés Social" Secretario Técnico de la FAUD. Miembro de la Red Proterra.

M. Saldivar, Magister en Estructuras Sismorresistentes, Ingeniero Civil. Docente del Área de Tecnología de la FAUD. Co-Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Estructuras I" de la FAUD. Docente de la asignatura "Estructuras Especiales" de la FI. Docente de "Estructuras Sismorresistentes de Edificios I" de la Maestría en Estructuras Sismorresistentes de la FI.

L. GarinoLibardi, Ingeniero Civil, Candidato a Doctor en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Juan. Docente de la asignatura "Estructuras I" de la FAUD. Investigador del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la UNSJ, programa: "Seguridad Sísmica de Estructuras Especiales"

PROTOTIPO DE VIVIENDA CON MUROS DE TIERRA VERTIDA Y CUBIERTA DE BAMBÚ. AVANCES DEL PROYECTO

Yolanda Aranda Jiménez, Teresa Sánchez Medrano, Rubén Roux G., Jorge Rivera B., Fabiola San Pedro C.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
yoli212@yahoo.com.mx, tesamed@hotmail.com

Palabras clave: Sustentabilidad, tierra vertida, bambú.

Resumen

Este proyecto se fundamenta en elevar la calidad de vida de las familias tamaulipecas en México, promoviendo las oportunidades de acceso a vivienda digna por medio de la autoconstrucción asistida técnicamente.

En México, el tema de acceso a la vivienda por parte de los sectores más desfavorecidos ha sido preocupación de los gobiernos federal y estatales, lo cual ha llevado a incluir dentro del Plan Estatal de Desarrollo, objetivos y líneas de acción que promuevan el acceso a vivienda digna.

Uno de los propósitos principales de la política pública de vivienda sustentable, es que las nuevas edificaciones de viviendas y el parque habitacional pueda integrarse en un entorno sustentable, en el 2010 la Comisión Nacional para la vivienda apoyando la cita del Centro de Investigación y documentación para la vivienda afirma: *ya no se puede seguir construyendo viviendas igual que antes, los antiguos métodos deben sustituirse por nuevos procesos y tecnologías que reduzcan el efecto que ejerce la construcción habitacional sobre el medio ambiente*.

Por parte de la comunidad científico-académica la inquietud se enfoca en el desarrollo de nuevos materiales, tecnologías y la implementación de sistemas constructivos sustentables que coadyuven a que dichos objetivos del Plan de Desarrollo se materialicen.

El presente proyecto es denominado prototipo de Vivienda Experimental Sustentable y es financiado por el Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología (COTACYT).

Objetivo General:

Realizar un prototipo de vivienda sustentable, que cumpla con las características de una vivienda mínima, cuyo diseño estructural esté basado en las propiedades del bambú y muros de carga a base de tierra vertida estabilizada con cemento.

Objetivos Particulares:

Seleccionado de los materiales adecuados para tal efecto.

Elaboración de un manual y las especificaciones que permita la reproducción del prototipo por medio de la autoconstrucción asistida.

Monitoreo del prototipo.

1. ANTECEDENTES

Existen diversos sistemas constructivos para la construcción con tierra, de los más conocidos se pueden mencionar para mampostería: adobes, bloques de tierra comprimida y otros como el tapial y bahareque.

Houben y Guillard (1994) en su libro *Earth Construction* divide en tres los sistemas de construcción con tierra.

1. Sistema monolítico
2. Sistemas a base de bloques o tabiques.
3. Sistemas con estructuras diversas

La tierra vertida queda dentro de la clasificación de sistemas monolíticos donde se encuentran otros sistemas como son: el tapial, el cob, moldeado o bauge, la tierra en sacos y el excavado directo.

Otros autores la definen como hormigón de tierra estabilizada**:** hormigón de tierra en el cual un estabilizante (cal, por ejemplo) mejora las cualidades del material (resistencia, etc.) Doat et al, (1990).

En el 2010 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCYT) por la parte mexicana y argentina, respectivamente, aprueban el proyecto de investigación "Tierra vertida. Hormigón verde. Estudio de los materiales componentes, su dosificación, interacción y puesta en obra en dos contextos", dentro del marco del programa de cooperación bilateral México-Argentina (Aranda-Jiménez; González-Defelice, 2012). Esta investigación se centró en resolver la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las proporciones de los componentes de la tierra vertida, así como los porcentajes de estabilización con cemento y cal para obtener una mezcla trabajable[1] y determinar la resistencia de acuerdo al proceso de cálculo para muros de carga?

Paralelamente se desarrolla la investigación: "Estudio del comportamiento a flexión del bambú como refuerzo del concreto en sistemas de piso y cubiertas" (Sanchez, 2011) cuyos fundamentos teóricos se aprovechan para el presente prototipo.

1.1 Características y comportamiento mecánico del bambú

Las características mecánicas de la guadua son afectadas por el clima, suelo, ubicación, edad, tiempo de cosecha, humedad, etc. También se presentan diferencias que se distribuyen sobre la longitud principal (cepa, basa y sobrebasa) y la sección transversal. La densidad de las fibras es muy variable en el espesor de la guadua. También depende de la forma de aplicación de las cargas, en forma paralela o perpendicular a la fibra.

Cada tallo de guadua es diferente, razón por la cual no se puede estandarizar su geometría (diámetro, espesor, longitud) y su comportamiento. Teniendo en cuenta que las características mecánicas de la guadua dependen de las especies botánicas, su localización, la edad del tallo, cosecha, su contenido de agua y naturalmente del diámetro y grueso de pared, la clasificación se recomienda con esos parámetros. Pues aún especímenes de la misma familia, pero crecidos en zonas geográficas distintas, dan variantes en los resultados sobre sus propiedades.

La guadua tiene un valor alto de resistencia a la tensión paralela a la fibra, menor resistencia a la compresión paralela a la fibra y a la flexión. Su módulo de elasticidad es relativamente bajo si se compara con el del acero, lo cual obliga en el diseño a controlar las deformaciones especialmente cuando se diseñan elementos largos a flexión.

En general, la resistencia a la compresión paralela a la fibra es tres veces menor que su resistencia a la tensión paralela (Ghavami; Marinho, 2001). Los protocolos de ensayo para las pruebas de compresión también están incluidos en las normas ISO n314 22157, con la intención de estandarizar los ensayes, pues si bien, se han realizado infinidad de pruebas, no es posible categorizarlas, debido a la falta de un protocolo, pues en algunos caso se han probado culmos con edades que van desde los tres hasta los siete años, o bien, el número de ensayes ha sido muy reducido, lo cual no permite tener datos representativos en las mediciones (Takeuchi et al, 2007).

1.2 Bambucreto

En México la investigación relativa a las propiedades del bambú y del bambucreto (concreto reforzado con bambú) es escasa, la investigación que apoya este proyecto ha realizado una recopilación del estado del arte que abunda en este tema (Sánchez, 2011).

Es preciso señalar las limitaciones de este material, que deben ser atendidas. Investigadores como Hidalgo (1978), Lima et al, (2005) y otros coinciden en que el uso del bambucreto debiera darse para claros y cargas pequeñas, sugiriendo su uso incluso solo

para vivienda rural, sin embargo, otros como Ghavami (1995) y González (2005) continúan investigando al respecto, señalando que dentro de los mayores problemas está la adherencia y que los problemas se presentan por la necesidad de utilizar cierto tipo de pegamentos que resultan costosos en el global de la construcción.

El bajo módulo de elasticidad del bambú provoca grandes deflexiones por lo que se requiere utilizar una mayor cuantía, pues debe garantizarse que las deflexiones no sobrepasen a las permisibles.

Hidalgo (1978) comenta que si no se tiene especial cuidado en el tratamiento para preservar el bambú del ataque de insectos y pudrición, las estructuras con este material tendrán una vida útil muy corta, aproximadamente de dos a tres años.

2. UBICACIÓN Y MARCO DE REFERENCIA

Dicho prototipo estará ubicado en los terrenos de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en la ciudad y puerto de Tampico, Tamaulipas, México.

Figura 1: Ubicación del lugar del prototipo.

La zona conurbada de Tampico, Madero y Altamira, limitada al este con el Golfo de México y al sur con el caudal del río Pánuco. La ubicación geográfica de Tampico es: Coordenadas: 22° 15´19" latitud norte 97° 52´07" longitud oeste. El clima predominante es de tipo subtropical, húmedo. La temperatura promedio es de 24° C con máxima de 37° C y mínima de 9° C. Tampico se encuentra localizado sobre la Costa del Golfo de México, en la parte sureste del estado de Tamaulipas, colindado con el estado de Veracruz a través del Río Pánuco.

Se caracteriza por una topografía perceptiblemente llana, y zonas ribereñas de valores en cotas más altas que las del sistema lagunario existente lo cual genera inundaciones en tiempos de lluvia.

Los vientos predominantes en otoño e invierno son los denominados "nortes", mientras que en las otras estaciones varían de sur a norte. Por estar la región expuesta a los fenómenos de tipo hidrometeorológico son comunes los ciclones y vientos huracanados, que en más de una ocasión han afectado seriamente a los habitantes del municipio.

La precipitación anual varía de 788,6 a 1.044,10 milímetros cúbicos y el mes más lluvioso es julio, arriba de los 1.000 milímetros cúbicos.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1 Anteproyecto

Se realizan 2 propuestas de casa habitación, donde los parámetros para seleccionar el proyecto idóneo fueron: Adaptación y modulación al sistema constructivo, funcionalidad para el usuario de una vivienda de interés social y la optimización de la ventilación natural.

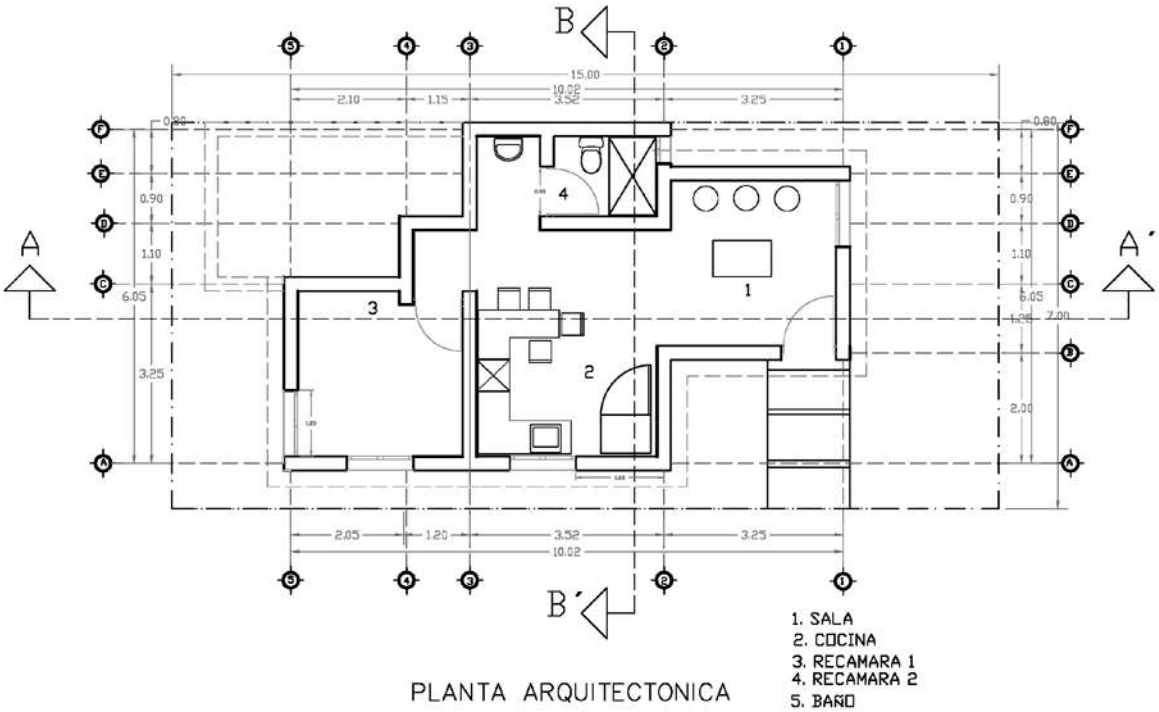


Figura 2: Plano de planta arquitectónica de vivienda experimental sustentable

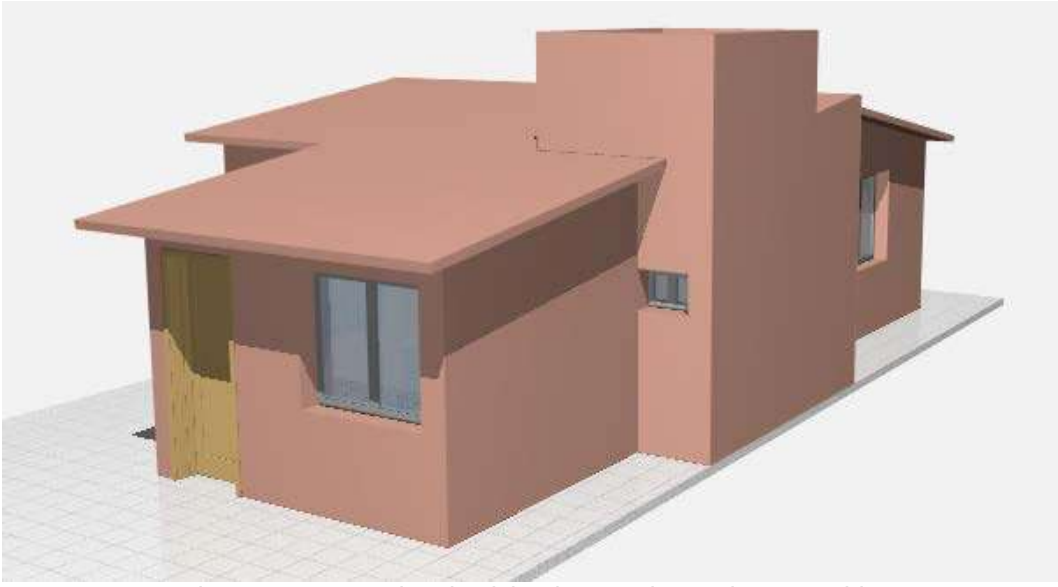


Figura 3: Perspectiva de vivienda experimental sustentable

3.2 Selección del material

Se selecciona la guadua angustifolia por ser un material con resistencia comprobada para su uso en construcción y por poseer uniformidad en su longitud, característica requerida en el sistema de cubierta del prototipo. Esta especie aunque no es endémica, ha sido introducida y crece en abundancia en el sureste de México.

Para los muros se trabajó con 2 tipos de suelo:

Mezcla 1: Basada en las proporciones de la investigación antecedente con 1 lata de arcilla, 4 de arena limosa y 5,5 latas de agregado grueso por 2 de cemento. Esta mezcla ya estaba probada su resistencia y en pruebas de laboratorio el f'c dio hasta 15 MPa (150 kgf/cm^2).

Suelo 2: Suelo de la región denominado champayan que, según análisis composicional de suelo, está formado por 2,5% arcilla, 18% limo, 79,5% arena y agregados gruesos (rocas) de buena calidad compuestas por sulfatos cálcicos. Proporción usada: 90% de suelo y 10% de cemento (1:5), y se logró reducir a 1:6, estabilizando con 6% de cemento.

3.3 Localización del prototipo con respecto al sitio

Fue localizada en la zona de investigación de vivienda dentro de los terrenos de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo (FADU).

3.4 Terreno

Se sacaron las curvas de nivel del terreno y dado que la diferencia entre la cota del terreno natural con respecto a la cota de desplante era significativa se procedió a rellenar con material el cual se compactó con rodillo vibratorio, para dar el nivel requerido. Se realizaron pruebas de compactación. Las pruebas dieron 90% y 92% en la prueba Proctor.

3.5 Trazo

Se obtiene el nivel 0.00 de la banqueta de la casa experimental ubicada al norte de este prototipo, el trazo se realiza de forma manual, marcando los ejes de la vivienda.

3.6 Cimentación

Se propuso losa de cimentación con un peralte de 12 cm, dadas las características de capacidad de carga del suelo, con contratrabes de 25 cm x 30 cm armadas con varilla de ½". El concreto utilizado fue premezclado con f'c=19,61 MPa (200 kgf/cm^2).

3.7 Preparaciones para instalaciones hidro-sanitarias

Se utilizó tubería de CPVC (policloruro de vinilo clorado) para las instalaciones hidráulicas y sanitarias, dejando las preparaciones de alimentación y descarga indicadas en los planos.

3.8 Estructura

Toda los elementos de bambú fueron limpiados con cepillo de alambre, teniendo cuidado de no lastimar las reglillas por el lado cóncavo, retirando las impurezas y polvo, posteriormente fueron impermeabilizados aplicando una capa con brocha de producto para impermeabilizar concreto, base agua, que en estudio antecedente registró resultados aceptables, dando una absorción apenas del 3,18%.

3.8.1 Refuerzos horizontales

Se colocaron a cada 60 cm, para evitar el agrietamiento en los antepechos de las ventanas y cerramientos, reglillas de bambú de 3 cm de ancho y 5 cm de espesor, unidas con grapas de alambrón de ¼".

3.8.2 Castillos de reglillas de bambú

Se armaron de dimensiones de 25 cm x 25 cm con 8 reglillas de 3/4"de ancho x 0,005 m de espesor superponiendo 2 en cada vértice con estribos alambrón # ¼" @ 20 cm y se colaron con tierra vertida al tiempo de colado con los muros.

3.8.3 Cimbra

Tableros de triplay de 5/8" de espesor de madera de pino dimensiones: 1,22 m x 2,44 m reforzados con marcos de madera de 5 cm x 10 cm para evitar que el triplay tienda a deformarse, posterior a esto se realizó un recubrimiento de aceite quemado como antiadherente. Apuntalada con madera de 5 cm x 10 cm. Las hojas de triplay se nivelan y se troquelan, con torones de alambre de amarre de 1/8".

3.8.4 Muros de tierra vertida

El colado o vertido de los muros se dividió en 3 partes, en sentido horizontal por la modulación de la cimbra propuesta y se repitió el proceso para alcanzar la altura del proyecto.

La mezcla 1 se utilizó en la primera parte del colado. Se estabilizó la tierra vertida al 10% con cemento, para obtener la resistencia adecuada para utilizarlo como muro de carga, según los resultados obtenidos de la investigación antecedente, así mismo el cálculo arrojó un espesor de 25 cm para un f'c= 3,52 MPa y da una capacidad de carga del muro de

177,87 kN (17.787 kgf). Después de las los resultados obtenidos de las pruebas de compresión se reduce el cemento al 6%.

Para la segunda parte del vertido de los muros se utilizó el suelo de la región denominado Champayan, estabilizado al 10%. Las pruebas de resistencia a la compresión a los 4 días dieron un f'c=5,49 MPa. Lográndose reducir la estabilización del cemento hasta el 6%.

3.13 Losa de bambucreto

Al cierre del presente trabajo, se prepara la primera parte de la losa para colarse. Será a base de una losa compuesta formada por medias cañas de bambú de la especie *Guadua angustifolia* de 3,5 pulgadas de diámetro, apoyadas directamente sobre un culmo completo y éste, a su vez, sobre el muro de tierra vertida, unidas por conectores de ¼ pulgada; posteriormente se colará sobre éstas una mezcla de concreto aligerado con piedra volcánica con f´c de 17,65 MPa con un espesor de capa de compresión de 5 cm.

Las medias cañas se prepararon cepillándolas y aplicándoles impermeabilizante. 3" ½

4. ANÁLISIS CRITICO

Se analizan las cantidades de cemento.

Cantidades de cemento para 1 m^2 de muro convencional:

Block concreto= 13,75 kg

Mortero = 8,05 kg

Aplanado= 13,78 kg

Castillo= 10,35 kg

Total= 45,93 kg

Cantidades de cemento para 1 m^2 de muro de tierra vertida con mezcla 1:

- Cantidades de cemento por m^2 de muro de tierra vertida estabilizado al 10% = 39 kg
- Cantidades de cemento por m^2 de muro de tierra vertida, estabilizado al 6% = 23 kg.

Cantidades de cemento para 1 m^2 de muro de tierra vertida con suelo de la región:

- Cantidades de cemento por m^2 de muro de tierra vertida, estabilizado al 10% = 31 kg.

La tierra vertida es una técnica poco estudiada, pero factible, donde la selección del material de la región es fundamental para el desarrollo de la técnica.

No requiere de una capacitación especializada, pero sí de asistencia técnica por lo que se recomienda ésta para la autoconstrucción.

Como equipo se requiere solamente de una revolvedora o trompo para obtener una mezcla homogénea.

Monitoreo estructural del prototipo

Durante el vertido o colado de los muros se fueron realizando pruebas de compresión, así mismo se realizaron pruebas de absorción al bambú.

Al término del prototipo se monitoreará en cuanto a la transmitancia térmica de los muros.

5. REFLEXIONES FINALES

1. Dado que no existe normativa mexicana para la construcción con tierra y normativa para muros de tierra vertida, se partió como base de la norma técnica mexicana[2] para muros monolíticos. Tanto la mezcla de tierra vertida como el suelo de la región superan los valores mínimos permisibles para muros monolíticos.

2. Como prototipo experimental se opta por usar 2 tipos de suelo: la mezcla 1 para comprobar los resultados de la investigación antecedente y el suelo de la región para probar que es factible esta técnica.

3. Con respecto a la construcción tradicional de la zona de muros de block de concreto se logró reducir el cemento en más de un 50%.

4. Se elimina el acero en losa y castillos, sustituyéndolo por bambú.

5. El empleo de esta tecnología ofrece ventajas al utilizar materiales de la región, disminuyendo el impacto ambiental, al contrastarse con los materiales convencionales empleados en la construcción de vivienda en Tamaulipas, México.

Figura 4: Fachada principal y sur del prototipo, aparece en primer plano el suelo de la región.
Foto: Aranda, Marzo 2013

Figura 5: Fachada principal, proceso de cimbrado. En primer plano los castillos de reglillas de bambú.
Foto: Aranda, Marzo 2013.

Figura 6: Armado de la losa de bambu-creto. Foto: Aranda, Marzo 2013.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda-Jiménez, Y.G.; González-Defelice, A.A. (2012). *Tierra vertida. Hormigón verde. Estudio de los materiales componentes, su dosificación, interacción y puesta en obra de dos contextos. Informe Técnico.* Programa de cooperación bilateral México- Argentina. CONACYT-MINCYT

Doat, P. et al (1990). *Construir con tierra.* Tomo I. Fondo Rotario Editorial. Bogotá, Colombia.

Ghavami, K.; Marinho, A. B., (2001). *Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mosó, Matake, Guadua angustifolia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia*. 1. ed. RMNC do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio., Rio de Janeiro, Brasil.

Ghavami, K. (1995). *Ultimate Load Behaviour of Bamboo-Reinforced Lightweight Concrete Beams.* Departamento de Ingenieria civil de la Universidad Pontificia Católica, PUC-Rio. Rio de Janeiro Brasil. Cement and concrete composites. Elsevier Science Limited.

Gonzalez, S. (2005). *Diseño modelo de vigas de concreto reforzado con tallos de guadua (bambucreto), Guadua angustifolia Kunth. Tesis* (MSS in Engineering: Civil Engineering), Newport Univesity, School of Engineering. Newport Beach.

Houben, H.; Guillard H. (1994). *Earth construction. A comprehensive guide.* Great Britain: ITDG publishing.

Hidalgo, L. (1978). *Nuevas tecnologías de construcción con bambú.* Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Editores. Universidad Nacional de Colombia.

IMCYC. (2004). *Conceptos básicos del concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y Concreto, A.C. D.F. México.

Lima, J. et al, (2005). *Concrete Beams reinforced with dendrocalamus giganteus bamboo. II : modeling and design criterions*. Revista Brasilera de ingenieria agricola y ambiental. Disponible en http//www.scielo.br/scielo.php ?=S1415-436620050040031&script=sci_ abstract

Sánchez, M (2011). *Estudio del comportamiento a flexión del bambú utilizándolo como refuerzo del concreto en sistemas de piso y cubiertas*. Tesis para obtener el grado de doctor. Universidad Autónoma de Taumalipas.

Takeuchi, T et al (2007). *Resistencia a la compresión de la Guadua angustifolia y Determinación del módulo de elasticidad*. Ingeniería y Universidad ene-jun, año/vol. 11 núm. 001. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. pp 89-103 Redalyc.

Notas

[1] Trabajabilidad: Una de las cuatro propiedades del concreto. Es la facilidad con la cual pueden mezclarse los componentes, y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de homogeneidad (IMCYC, 2004).

[2] Normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el Distrito Federal. (1.5.1.2) resistencia a la compresión para muros monolíticos

Currículos

Yolanda Gpe. Aranda Jiménez, Arquitecta, Doctorado en Arquitectura con énfasis en vivienda. Mención Honorífica. Premio Universitario a la Investigación de Excelencia 2010

Teresa Sánchez Medrano, Ingeniera Civil, Doctorante del Doctorado en Arquitectura con énfasis en vivienda de la FADU.

Rubén Roux Gutiérrez, Doctor por la Universidad de Sevilla, España. Jefe de Investigación FADU.

Arq. Jorge Rivera B. y Arq. Fabiola SanPedro, Masters en Diseño con énfasis en Diseño arquitectónico.

MUROS Y CUBIERTAS EXPERIMENTALES DE HORMIGÓN DE TIERRA ESTABILIZADA EN XOCHIMILCO, MÉXICO

Luis Guerrero, Francisco Javier Soria López, Mario Larrondo Shiels

División de Ciencias y Artes para el Diseño. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco
Calzada del Hueso 1100 Edificio P. 1er. Piso. Col. Villa Quietud, Coyoacán, 04980, México D.F.
Tel. (+52) 55 5283-7236 E-mail: lfgbaca@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: hormigón de tierra, estabilización de suelos, cubiertas ligeras

Resumen

Con el fin de evaluar comparativamente diversos procesos constructivos con tierra y especialmente analizar el potencial de aplicación de la técnica del hormigón de tierra estabilizada, en 2010 se inició la construcción de un edificio experimental en terrenos adjudicados a la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, al sur de la Ciudad de México. El inmueble se concluyó en agosto del 2012 y se pudo documentar tanto la realización de muros de carga como de cubiertas ligeras en forma de paraboloides hiperbólicos, reforzadas con mallas metálicas, habiendo utilizado tierra estabilizada con cemento y con cal.

El edificio experimental forma parte de un proyecto más amplio de apoyo a la docencia e investigación de la Universidad, en el que se desarrollará un centro de experimentación sobre edificación sustentable donde la construcción con tierra será una de las líneas prioritarias. En la presente ponencia se examina el proceso de edificación a fin de ofrecer datos objetivamente verificables acerca de las posibilidades de empleo de esta técnica constructiva en otras regiones.

Se detallan los antecedentes de la aplicación de tierra en estado plástico desde la época prehispánica en México, algunos datos sobre experiencias preliminares y el desarrollo del prototipo cuya edificación permitió mostrar la viabilidad técnica del sistema constructivo y, sobre todo, los valores que se derivan de su facilidad de implementación y velocidad de materialización.

1. INTRODUCCIÓN

La edificación con tierra tuvo un amplio desarrollo en todo el territorio mexicano desde el origen de las grandes civilizaciones prehispánicas. Ciudades monumentales tan destacadas como Teotihuacán, Monte Albán, Xochicalco, Cacaxtla, Cholula y Tula, por sólo nombrar las más conocidas a nivel internacional, poseen destacadas estructuras que fueron edificadas con adobe y tierra compactada.

Sin embargo, en la región norte de lo que en la actualidad conforma el territorio nacional, específicamente en las zonas serranas de los estados de Sonora, Chihuahua y Durango florecieron asentamientos en los que, en vez de emplear estas dos técnicas constructivas, se utilizaba el barro en estado plástico, para edificar notables conjuntos habitacionales, insertos en abrigos rocosos de laderas montañosas (Gamboa; Guerrero, 2013).

Estos conjuntos edilicios llegan a presentar hasta tres niveles de altura con entrepisos y techos construidos con viguerías, terrado y embarrado, conformando lo que se conoce como “Casas en Acantilado” o *Cliff Dwellings*, como las llaman los arqueólogos de Estados Unidos, en cuyo territorio también se localizan restos asociados culturalmente a los casos mexicanos (Cruz, 2007, p.31).

Dicho sistema constructivo, que podría llamarse *concreto ciclópeo de tierra*, es muy semejante a la técnica conocida internacionalmente como *cob*, pero difiere ligeramente de ésta porque en vez de emplearse fibras vegetales para su estabilización, se utilizaron componentes de granulometría superior a la grava.

La tierra se trabajaba con un alto nivel de humedad, en combinación con piedras de diferentes tamaños para configurar hiladas constructivas. En los vestigios arqueológicos se

evidencia un gran cuidado en el acomodo de estas rocas, de tal manera que las partes bajas de los muros, que normalmente son más anchas, presentan piedras de mayor tamaño (entre 15 y 20cm), el cual disminuye gradualmente conforme se elevan y angostan las paredes

.

Figura 1. Casas en acantilado en las Cuevas del Embudo, Chihuahua, México. (Foto: L. Guerrero)

El sitio arqueológico de Paquimé, que se encuentra en la lista de Patrimonio Mundial, evidencia el clímax en el desarrollo de esta técnica constructiva. Destacan las dimensiones de los muros y las probables alturas que alcanzaron los edificios, algunos de los cuales llegaron a tener cinco niveles, según lo describen los cronistas españoles del siglo XVII y XVIII que encontraron este sito después de más de trescientos años de haber sido abandonado por sus constructores nativos.

Cabe mencionar que en algunas publicaciones se ha difundido erróneamente que Paquimé se construyó con la técnica de tapia (González, 1995, p.54). Sin embargo, investigaciones recientes han puesto en evidencia que esta creencia es inexacta (Guerrero, 2011, p.7). La irregularidad geométrica de los edificios y los patrones de deterioro que presentan las estructuras, hacen suponer que el sistema predominante fue desarrollado mediante tierra moldeada en húmedo y mezclada que materiales rocosos (Gamboa, 2001, p.48).

En el año de 1985, un grupo de jóvenes arquitectos fueron contratados por una institución pública llamada *Consejo Nacional de Recursos para la Atención de la Juventud* (CREA), para proponer un sistema alternativo de construcción con tierra que permitiera la edificación de viviendas para grupos sociales de escasos recursos en todo México. Dicho asociación que se autodenominaba “Grupo CIMBRADOBE” estuvo representada por el arquitecto Jorge Alberto Sánchez Angulo y lo conformaban Angélica García, Laura Baungarte, Carlos Sánchez, Irma Mendoza, Consuelo Munguía, Carlos González, Francisco Tene, José Pinedo, Guillermo Madrigal, Miguel Elizondo, Alejandro Mejía y Miguel Mendoza.

Este colectivo se propuso desarrollar una técnica que permitiera sistematizar el manejo de tierra en estado plástico, proveniente de la tradición prehispánica antes descrita, pero apoyando el proceso constructivo mediante el uso de cimbras, con la lógica constructiva del concreto convencional. La técnica a la que denominaron “hormigón de barro”, empleaba como materia prima tierra estabilizada con cal, cemento, grava o paja. En aquél momento se proyectaron y construyeron varias casas piloto con dicha técnica y se diseñó una serie de manuales dirigidos hacia la autoconstrucción, enfocados hacia diferentes regiones climáticas del país. Desafortunadamente, como consecuencia de diversos cambios institucionales, el proyecto no tuvo continuidad y los cuadernillos nunca fueron publicados por lo que todo aquél esfuerzo se vio truncado.

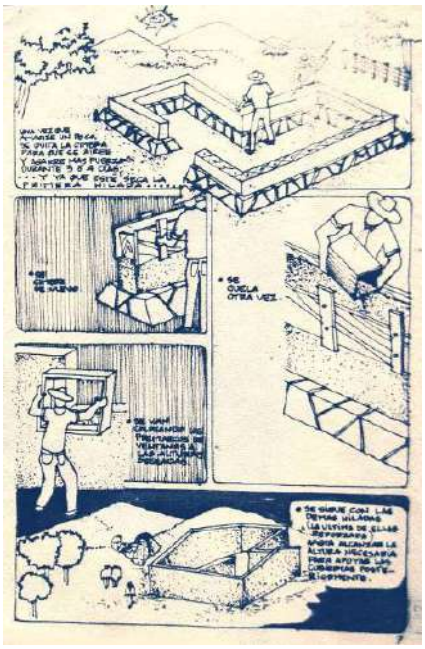


Figura 2. Página del *dummy* de los Manuales de Autoconstrucción diseñados en 1985 por el Grupo CIMBRADOBE.

Con estos antecedentes, en mayo del 2009 se planteó ante el *Programa de Mejoramiento del Profesorado* (PROMEP) dependiente de la Secretaría de Educación Pública de México, un proyecto de investigación vinculado con la conformación de Redes Temáticas de Investigación, con la participación de tres instituciones académicas: la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, la Universidad Autónoma de Tamaulipas en Tampico y la Universidad Autónoma de Nuevo León.

El nombre que se le dio al proyecto de investigación fue “Desarrollo de materiales y técnicas de construcción de bajo impacto ambiental para el diseño arquitectónico y la conservación del patrimonio edificado” y tuvo como una de sus líneas troncales la edificación con tierra.

Para tal fin se solicitaron recursos económicos para construir un edificio de “Usos Múltiples” en el que se pudieran poner en práctica tres sistemas constructivos: Bloques de tierra comprimida (BTC), tapia y hormigón de tierra estabilizada “HTE” (Doat el al., 1990, p.103). Se determinó diseñar un inmueble multifuncional, con requerimientos de espacios amplios, flexibles, bien iluminados, de estructura sencilla y con capacidad para edificarse en varias etapas, en función de los recursos económicos disponibles. (Soria; Guerrero; Roux, 2011, p.229).

Se presentó la propuesta arquitectónica a la Rectoría de la Unidad Xochimilco de la UAM y fue bien acogida, ofreciéndose para su edificación un extenso terreno que posee esta institución en la zona conocida como Las Ánimas, en Tulyehualco, al sur de la Ciudad de México. Sin embargo, las autoridades universitarias pusieron como condición que, además de albergar el citado edificio experimental, se desarrollara un anteproyecto de conjunto para todo en terreno, en el que se incorporaran áreas destinadas a actividades académicas de las tres Divisiones de la Universidad: Ciencias Sociales y Humanidades (CSH), Ciencias Biológicas y de la Salud (CBS), así como Ciencias y Artes para el Diseño (CyAD).

El área de esta última División incluiría el edificio experimental de tierra pero sería parte de un centro dedicado a la docencia, investigación y difusión de temáticas que relacionaran a la sustentabilidad ambiental con el diseño gráfico, industrial, arquitectónico y urbano, en correspondencia con las carreras que se imparten en Xochimilco. Como se trataba de propuestas de largo plazo, debido a los recursos económicos que implican, se decidió iniciar la construcción del módulo experimental utilizando fondos concurrentes de la Rectoría con los provenientes del proyecto PROMEP-SEP que se mencionó líneas arriba.

2. EL PROCESO CONSTRUCTIVO

La Sala de Usos Múltiples del *Centro de Investigación y Desarrollo Sustentable,* posee formas geométricas regulares y ocupa una superficie de 40 metros cuadrados.

La tierra que se empleó en la edificación, se conoce en México como “tepetate” y se mandó analizar al laboratorio *Geotecnia y Suelos* para conocer su granulometría. Los resultados mostraron que el 100% de la fracción gruesa de la tierra pasó por la malla No.4 y 37% de sus partículas finas pasaron por el tamiz No. 200. Posteriormente se determinaron los Límites de Atterberg de la fracción fina lo que arrojó un Índice de Plasticidad de 13.3 el cual, por ser superior al referente de 7, permitió llegar a la conclusión de que las tierras corresponden al grupo “SC”, es decir, “Arenas arcillosas”, dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Juárez; Rico, 2010, p.160).

Con la finalidad de evaluar la compatibilidad de los sistemas constructivos se decidió realizar los tramos cortos de los muros con bloques de tierra comprimida, los muros largos con hormigón de tierra estabilizada y tres pilastras que enmarcan el acceso principal con tapia. El techo también se hizo con hormigón de tierra, en la misma dosificación que los muros.

Como se observa en la figura 3, la volumetría del techo fue muy singular pues, además de experimentar con el sistema constructivo, se incorporó una propuesta formal basada en la conformación de cuatro superficies regladas, derivadas de la rotación de sus generatrices.

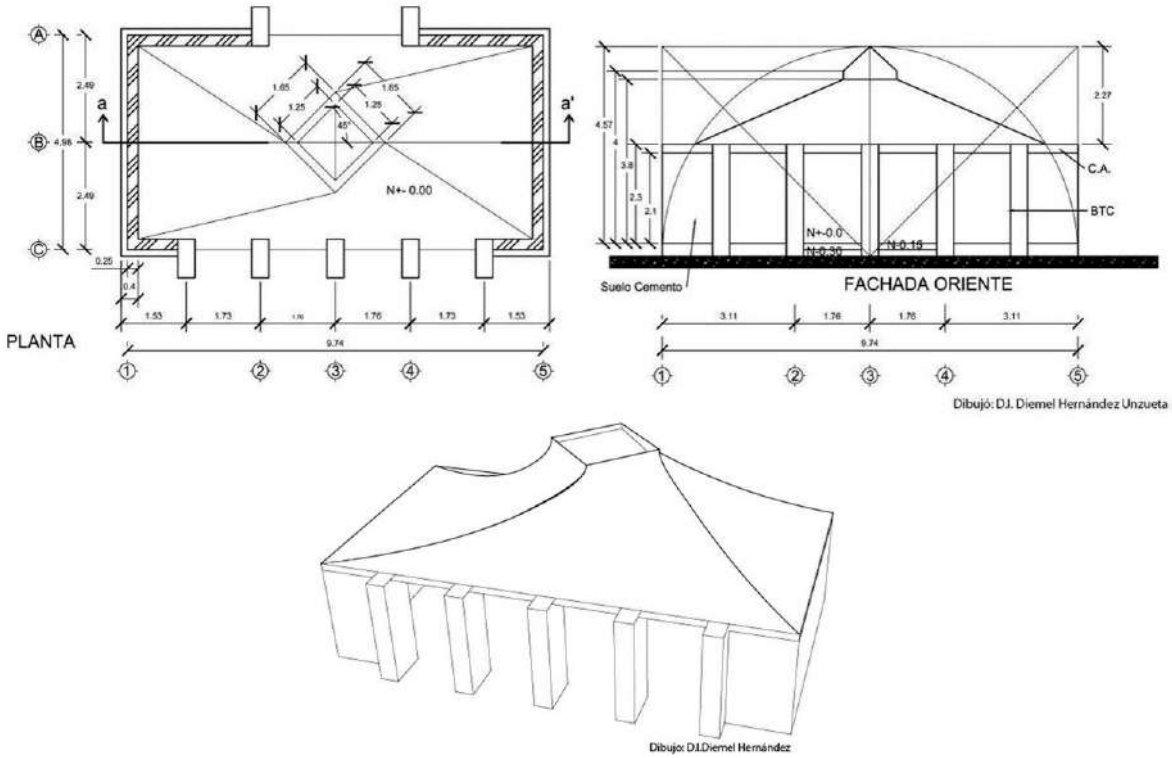


Figura 3. Plantas y volumetría del edificio

Como se trataba de una actividad académica que buscaba vincular la investigación con la docencia, desde la concepción del edificio hasta su materialización se contó con la participación de alumnos del último trimestre de la carrera de arquitectura, guiados por los profesores de construcción. Los alumnos incluso realizaron varias decenas de BTC y auxiliaron en la supervisión de la obra, la cual fue ejecutada por albañiles profesionales.

El prototipo consta únicamente de un local, que tiene forma rectangular, con una proporción de dos a uno, con un desarrollo longitudinal orientado de norte-sur. Los muros de los lados cortos del rectángulo no tienen vanos. Esto permite evitar la incidencia de los vientos dominantes del invierno que provienen del norte, así como limitar la penetración de los rayos solares por el sur, que en verano puede provocar el sobrecalentamiento del espacio.

La fachada principal que mira hacia el oriente presenta un amplio acceso cuyo vano se subdivide mediante tres pilastras realizadas con tapia que, posteriormente contarán con puertas parcialmente acristaladas para permitir la iluminación natural del espacio. En el otro lado largo del rectángulo, que conforma la fachada poniente, el vano mide la mitad que la puerta oriente. Igualmente tiene pilastras que lo enmarcan y, como en el lado opuesto, ayudan a rigidizar considerablemente la estructura. Se tiene previsto que esta puerta sea la conexión con dos módulos de idéntica geometría, que se edificarán posteriormente y que finalmente conformarán un amplio edificio de Usos Múltiples de 120 metros cuadrados.

La cimentación del conjunto se desplantó a una profundidad de 120 cm debido a que el subsuelo natural había sido perturbado y presentaba zonas con rellenos mal compactados. Se utilizó una zapata corrida realizada con basalto asentado con un mortero de cal y arena en proporción 1 a 5, que se coronó con una dala de concreto armado de 40 cm x 30 cm. Los tramos cortos de los muros se ejecutaron con BTC estabilizados con 10% de cal, con dimensiones de 10 cm x 15 cm x 30 cm y asentados con un mortero de igual dosificación. Estos bloques se produjeron con una prensa neumática de fabricación no industrializada. Las pilastras del acceso principal se construyeron con tapias estabilizadas con 10% de cemento, compactadas con pisones manuales.

Los muros experimentales de hormigón de tierra se realizaron con la misma “Arena Arcillosa SC” a la cual se le añadió, 5% de cal y 10% de cemento que fue la estabilización que mejores resultados había dado en pruebas realizadas en el Laboratorio de Materiales de la UAM-Xochimilco y cuya resistencia a la compresión se pudo medir en probetas de 10 cm de espesor alcanzando valores de 29,35 kgf/cm^2 a los 7 días y 45,85 kgf/cm^2 a los 14 días.

Además de estos estabilizantes, al hormigón de tierra se le agregó fibra de polipropileno virgen (Sika-fiber) en una proporción de 600 g por metro cúbico. Este componente facilitaba el proceso de mezclado y le confería mayor plasticidad a la mezcla a la hora de ser vertida.

Sobre la cimentación se armó el sistema de cimbras de madera que se utiliza de manera convencional en las obras semiartesanales que se realizan con concreto armado en México. Tanto el mezclado de la tierra como el vertido en la cimbra se hicieron de forma manual.

Figura 4. La primera hilada del muro de hormigón de tierra estabilizada (Foto: L. Guerrero)

El hormigón tenía aproximadamente un 20% de agua con la que adquiría una consistencia muy similar al barro que se utiliza para hacer adobes. Conforme se fue llenando la cimbra se hicieron incisiones a la mezcla para conseguir un llenado homogéneo y finalmente se apisonó ligeramente capa por capa, dado que el estado plástico de la mezcla no permite una compactación real. En el clima de la Ciudad de México durante el mes de agosto, con temperaturas que oscilan entre los 15°C y 25°C, con humedades relativas de 60-70%, las hiladas de 40 cm de espesor, 60 cm de altura y 6 m de longitud fraguaron a un ritmo que permitía descimbrar en 24 horas y colocar la siguiente hilada inmediatamente. Así, los muros pudieron ser concluidos totalmente en nueve días.

Sobre estos componentes y las pilastras de tapia que se habían realizado previamente, se

dispuso una trabe perimetral de concreto armado de 15 cm de peralte como elemento de cerramiento y soporte del techo. El diseño de la cubierta se consiguió a partir de una propuesta que ya había probado en varios inmuebles el arquitecto Mario Larrondo y que es el producto de la intersección en el eje vertical de una pirámide rectangular y un prisma rectangular cuadrado de menor dimensión, que al girarlo 45º sobre el eje longitudinal de ambos cuerpos desarrolla cuatro superficies regladas continuas.

La premisa para la concepción de este sistema de techo, además de permitir el uso del hormigón de tierra estabilizada, radica en la disminución al mínimo de los refuerzos de acero y la eliminación total del uso de cimbras.

Para el trazo y ejecución de la cubierta se requirió de la colocación de un andamio de la altura final de la pirámide truncada, sobre el cual se sujetó un marco de planta cuadrada de 1.65 m, realizado con cuatro varillas de acero corrugado #4 y estribos #2 a cada 10 cm, que constituyen el refuerzo del anillo de compresión de la parte alta de la cubierta.

El techo es cargado por la dala perimetral que confina los muros, desde cuyos vértices se tiende la estructura de acero de las cuatro vigas que forman las aristas de la pirámide truncada. Estas vigas que funcionan como las nervaduras de una bóveda, están compuestas cada una de 3 varillas #4 y estribos #2 a cada 10 cm. Estos refuerzos que en un primer momento funcionaron como guías para el trazo de las superficies regladas y posteriormente como cimbra, al final del proceso constructivo quedaron ahogados por el hormigón de tierra estabilizada, de manera que la cubierta de forma piramidal semi girada, se comporta como una sola pieza. La curvatura de sus generatrices la hacen *resistente por forma* y permiten reducir al mínimo los refuerzos de acero.

Figura 5. La primera capa de hormigón de tierra sobre la malla metálica del techo (Foto: L. Guerrero)

Finalmente, las superficies alabeadas se estructuraron por varillas de acero corrugado #2, las cuales soportan superficies de metal desplegado, del que se utiliza convencionalmente para la colocación de falsos plafones en cielos rasos. Se trata de un material constructivo muy económico y resistente que, debido a las pequeñas dimensiones de sus huecos, sirve como cimbra durante el vertido de la mezcla. Los rollos de dicha malla se tendieron sobre la retícula de varillas de acero, a la que se ataron con alambre recocido.

Una vez armado este ligero refuerzo metálico se vertió el hormigón de tierra estabilizada, el cual fue extendido sobre la malla con una cuchara de albañil, como si se tratara de un revoco de aproximadamente tres centímetros de espesor. Una vez que se cubrió todo el techo y empezó a fraguar, se humedeció y se colocaron dos capas consecutivas. Sobre los muros, el espesor final de la cubierta es de 15cm pero éste disminuye hasta 9 cm en la parte más alta, en el área en la que se une con el anillo de compresión, el cual es rellenado con la misma mezcla de hormigón de tierra estabilizada para trabajar de forma monolítica. El acabado final fue de ladrillo de barro cocido, impermeabilizado con jabón y alumbre.

3. RESULTADOS

El diseño y construcción de un prototipo en el que se introdujo el sistema de hormigón de tierra estabilizada en muros y cubiertas, ha permitido evaluar diversos aspectos de su materialización. Esta técnica presenta diversas bondades desde el punto de vista material, estructural y logístico, en comparación con el resto de los sistemas de edificación con tierra.

El proceso resultó ser muy económico como consecuencia del ahorro en el cemento y el acero, materiales que además de tener un alto impacto sobre el medio ambiente, están entre los insumos más caros en la construcción convencional. Se trata de una técnica muy versátil para el desarrollo de cualquier tipo de forma constructiva. Su sistema de elaboración requiere de pocos conocimientos especializados y puede resultar muy viable para la implementación de procesos de autoconstrucción asistida.

Por otra parte, tiene la ventaja de que su elaboración es muy familiar para los albañiles, acostumbrados a la construcción convencional de concreto armado. Además, a diferencia de la construcción de tapias, el esfuerzo físico que demanda la elaboración y vertido del hormigón de tierra es mínimo. Sólo se requiere de una adecuada organización del trabajo.

Se pudo observar que entre los puntos clave para la buena calidad de la obra destacan la trituración de la tierra, la humidificación gradual del hormigón durante su preparación y sobre todo, el tiempo y calidad del mezclado. Desafortunadamente no se pudo contar con una mezcladora mecánica por lo que el proceso se ejecutó con palas, lo que incidió en su rendimiento y en la falta de homogeneidad de algunas partes de la estructura.

Empero, la principal cualidad del sistema está en su velocidad. La elaboración de muros y techo tardó catorce días, a pesar e que hubo diversos retrasos derivados de tardanza en la entrega de materiales y de las lluvias que obligaban a realizar algunas jornadas más cortas.

Figura 6. El enladrillado protege la cubierta de la intemperie y le da estabilidad. (Foto: L. Guerrero)

Es evidente que el hormigón de tierra estabilizada representa un sistema alternativo sumamente viable para la ejecución de obras masivas de tierra en las que buena parte de los procesos puedan ser mecanizados. Además, se abre la posibilidad de reducir considerablemente los espesores de los muros a partir de su refuerzo interno, de manera similar a la que se utilizó en el prototipo para el sistema de cubiertas. Así, se podría contar con una estructura sismo resistente con muros tan delgados como los sistemas constructivos convencionales de ladrillo o bloques huecos de cemento o cerámica.

En el prototipo los muros miden 40 cm de espesor como consecuencia de las luces requeridas por el esquema de planta libre. Sin embargo, es evidente que, por ejemplo, para el diseño de una vivienda mínima, las subdivisiones de los espacios por muros de carga, disminuirían radicalmente los espesores de los muros, haciendo del hormigón de tierra estabilizada un sistema constructivo competitivo con el resto de las técnicas comerciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruz, S. (2007). Estructuras arqueológicas del tipo casas en acantilado en el estado de Chihuahua. En Guerrero, L. (Coord.) *Patrimonio Construido con Tierra*. México D.F.: UAM-Xochimilco, pp. 31-46.

Doat, P. et al (1990). *Construir con tierra*. Tomo I. Bogotá: CRAterre-Fondo Rotatorio Editorial.

Gamboa, E., (2001). Paquimé y el mundo de la cultura de Casas Grandes. *Arqueología Mexicana*, Vol. IX, No.51. México D.F: CONCA-Raíces, pp. 46-51.

Gamboa, E.; L. Guerrero (2013). Condicionantes par la puesta en valor e las casas en acantilado de la sierra de Chihuahua, México en *digitAR - Revista Digital de Arqueologia, Arquitectura e Artes* No.1, Enero. Coimbra: Centro de Estudos Arqueológicos das Universidades de Coimbra e Porto, pp. 5-13.

González, J. (1995). Paquimé Casas Grandes. En Pereira, H. *HABITERRA*. Bogotá: ESCALA

Guerrero, L. F. (2002). El tapial, una técnica constructiva ecológica. *Anuario de Arquitectura Bioclimática 2002*. México D.F.: LIMUSA-UAM-Azcapotzalco, pp. 147-158.

Guerrero, L. (2007). Arquitectura de tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Revista Apuntes*. Vol. 20. No. 2. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, pp. 182-201.

Guerrero, L. (2011). Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia, en Revista *Bitácora Arquitectura*. Vol. 1. No. 22. México D.F.: UNAM, p.p. 6-13.

Juárez, E.; Rico, A. (2010). *Mecánica de Suelos*, Tomo1, México D.F.: LIMUSA

Soria, F. J.; L. Guerrero; R. Roux (2011) Investigación interuniversitaria sobre construcción alternativa con tierra en México, en *Construcción con tierra, tecnología y arquitectura*, Valladolid: Universidad de Valladolid, pp. 229-240.

Currículos

Luis Guerrero. Arquitecto, Maestro en Restauración Arquitectónica y Doctor en Diseño con especialidad en Conservación Patrimonial. Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Coordinador del Comité Científico de Patrimonio Construido con Tierra del ICOMOS Mexicano.

Francisco Javier Soria López. Arquitecto, Maestro en Restauración Arquitectónica y Doctor en Proyectos Arquitectónicos. Profesor-investigador del Departamento de Tecnología y Producción de la UAM-Xochimilco y Coordinador del Cuerpo Académico en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Mario Larrondo Shiels. Arquitecto, Profesor-investigador y Jefe del Departamento de Síntesis Creativa.de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la UAM-Xochimilco.

QM2 (QUINCHA – MIMBRE – MUEBLE): SISTEMA CONSTRUCTIVO ECOLÓGICO MODULAR CON ARMADURA DE MIMBRE Y RELLENO EN BARRO ALIVIANADO

Carolina Lavín Loayza[1], Luis Pablo Barros Lafuente[2], Gustavo Sarabia Fuentes[3]

Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile
[1]lavin.carolina@hotmail.com, [2]luis.barros@usm.cl, [3]gustavo.sarabia@usm.cl

Palabras clave: Mimbre, Tierra cruda**,** Modulación**,** Construcción ecológica**,** Customización

Resumen

Esta investigación surge como desarrollo de una inquietud frente a las soluciones aplicadas en la reconstrucción de diversas edificaciones después de los terremotos de los años 2005 (Tarapacá) y 2010 (Concepción). Se ha podido apreciar que los sistemas utilizados para reparar construcciones o construir obras nuevas se alejan de la tradición constructiva local y el saber-hacer acostumbrado.

Debido a lo anterior, aparece como una oportunidad interesante, abordar el desarrollo de un sistema constructivo que reúna de manera simple y coherente la tradición y el saber-hacer criollo.

Este estudio investiga e indaga en los sistemas de construcción tradicional basados en tierra cruda y, especialmente, en el sistema llamado quincha [en nuestro país]. De este último llama la atención su simpleza y resistencia, tanto al efecto del sismo como al del deterioro por el paso del tiempo. De esta forma se hizo necesaria una revalidación de esta técnica a partir de nuevas estrategias materiales; hibridización de técnicas e innovación tecnológica, apuntando a mantener las cualidades esenciales de este sistema tradicional.

¿Cómo desarrollar una solución que aporte a la generación de una arquitectura arraigada?

¿Qué tipo de técnicas constructivas artesanales tradicionales provenientes de otras actividades -por Ej.: cestería- pueden importarse al sistema constructivo en tierra que se desea desarrollar?

Uno de los objetivos relevantes de esta investigación es el estudio de las propiedades físicas del mimbre, material con una técnica constructiva basada en el tejido con amplias y diversas aplicaciones en la confección de cestería y mobiliario, arraigada en la cultura y tradición de la 6ta región de Chile.

Por medio de análisis materiales como ensayos de resistencia y reconocimiento empírico de la técnica del tejido del mimbre, se busca revalorizar el sistema constructivo de la quincha tradicional y encontrar un cruce fértil y creativo entre estos dos sistemas (quincha y cestería).

La técnica constructiva del mimbre se prueba partir de 2 aspectos:

- Su capacidad para conformar una armadura factible de rellenar y revocar
- Su capacidad de generar superficies que den pié a mobiliario incorporado

Es así como el objetivo principal de este estudio apunta a desarrollar un panel estructural, semi-prefabricado, customizable y de baja tecnología.

1. RECONOCIMIENTO DE MATERIAL: ¿CÓMO FUNCIONA EL MIMBRE?

Haciendo la analogía con la quincha tradicional, donde una fibra vegetal estructura los muros portantes dejando la tierra como el elemento del sistema que aporta a la aislación termo-acústica, se optó por investigar la pertinencia de una fibra distinta, pero con un gran arraigo en la conciencia colectiva de nuestro país y específicamente de la zona central, donde la arquitectura en tierra ha sido parte fundamental en la construcción de los poblados y ciudades.

La primera etapa correspondió en reconocer el material de estudio mimbre, lo que consideró la recopilación de datos materiales, diversos datos sobre la fibra y constatar las propiedades

plásticas y mecánicas de la fibra de mimbre para evaluar su comportamiento como posible material de construcción.

1.1. La Fibra

La fibra de mimbre, como producto natural obtenido a partir del arbusto salix, debe pasar por un largo proceso desde el cultivo hasta la cosecha, cruzando numerosas etapas para que el material sea óptimo para su utilización. Estos procesos son llevados a cabo por el productor o por el mismo artesano.

El proceso comienza luego de la cosecha (junio, julio), donde el mimbre es enfardado en atados bajo una unidad llamada “metro”, debido a que posee un metro de perímetro en la base.

Posteriormente, el mimbre es trasladado al siguiente paso, donde se procede a quitar la corteza siguiendo distintas alternativas. Cada una de ellas produce un formato diferente de mimbre (mimbre blanco, mimbre cocido); aunque su mayor diferencia radica en el color del producto final. El producto puede utilizarse íntegro (varillas) o adaptar su tamaño a un formato menor: las huiras; varilla dividida en cuartos (formato usual del material para trabajos en tejido).

1.2. Ensayos

Con el fin de identificar las propiedades mecánicas del mimbre y, debido a que no se encuentran datos en la literatura sobre el material, se elaboraron ensayos que entregaron datos cuantitativos acerca del comportamiento del mimbre.

1.2.1. Resistencia a la tracción fibra seca

El procedimiento tuvo por finalidad conocer a cabalidad la tensión promedio que resiste una fibra de mimbre (seca) al estar sometido a fuerzas de tracción, por medio de la aplicación de peso hasta la rotura.

Para el ensayo se prefirió utilizar huiras, dado que es la sección más pequeña de los formatos de elaboración y así comprobar la mínima resistencia entregada por el material.

El ensayo consistió en aplicar una serie variable de pesos a 5 probetas de similares dimensiones, con el fin de llevarlas a la rotura (gráfico 1).

N° Probeta	Peso Total (kg)	Área (cm^2)	Resistencia (kgf/cm^2)	Resistencia (MPa)
1	50,1568	0,0468	1071,73	105,10
2	51,1610	0,0510	1003,16	98,38
3	51,1593	0,0493	1037,71	101,77
4	50,1532	0,0432	1160,95	113,85
5	51,1586	0,0486	1052,65	103,23

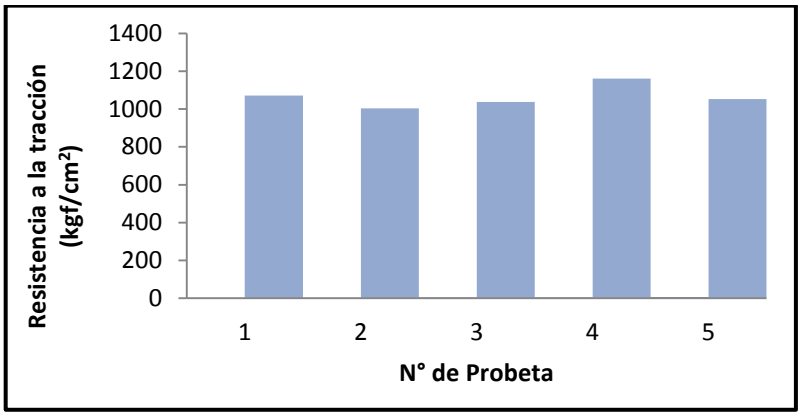


Gráfico 1

1.2.2. Resistencia a la tracción fibra húmeda

Se realizó este ensayo considerando un requerimiento de manipulación del mimbre: el material en su formato de huira, no es capaz de ser doblado en ángulos rectos sin quebrarse, pero estando húmedo puede soportar fácilmente ángulos de hasta 180° sin presentar agrietamiento.

El procedimiento tuvo por finalidad estudiar la tensión promedio que resiste una fibra de mimbre húmeda al estar sometida a fuerzas de tracción, por medio de la aplicación de peso hasta la rotura.

El ensayo consistió en aplicar una serie variable de pesos a 5 probetas de similares dimensiones con el fin de llevarlas a la rotura y así determinar las tensiones existentes en una fibra humedecida versus una seca (gráfico 2).

N° Probeta	Peso Total (kg)	Área (cm^2)	Resistencia (kgf/cm^2)	Resistencia (MPa)
1	51,1525	0,0425	1203,59	118,04
2	51,1532	0,0432	1184,10	116,12
3	51,1542	0,0442	1157,33	113,50
4	51,1559	0,0459	1114,51	109,30
5	50,1500	0,0400	1253,75	122,96

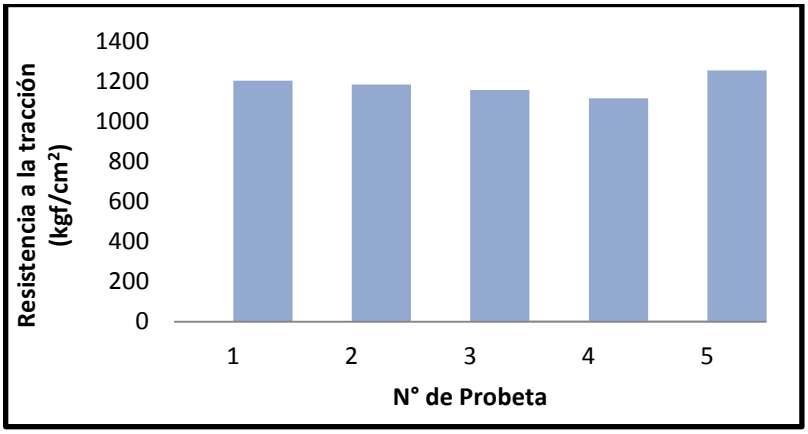


Gráfico 2

1.2.3. Descripción del procedimiento

El ensayo comenzó con un primer problema: el objeto de ensaye no es admitido en el nivel de tolerancia de las maquinarias, por lo que fue necesario idear las pruebas de un modo más artesanal. Para ello se utilizaron abrazaderas en cada extremo de la huira; una se fijó en la zona superior y la otra sostuvo, por la zona inferior, una canastilla donde se aplicó la carga por medio de pesos graduados y conocidos.

Durante las primeras pruebas, la falla se dio en las uniones (las áreas más débiles), por lo que no resultaron válidas. Para solucionar este segundo problema, se redujo la sección de la huira en la zona media para asegurar la falla en esta zona (similar al ensaye en probetas de acero).

1.3. Conclusiones Etapa

El diseño de una malla vegetal pasa por un proceso de constatación material. Al obtener los resultados de estas pruebas, es posible obtener resultados comparativos de los datos; fibra seca versus fibra húmeda y, al mismo tiempo, de estos versus datos conocidos con anterioridad, como lo son las tensiones de otros materiales de interés como el acero y bambú.

1.3.1. Conclusión 1

La primera conclusión obtenida de los ensayos, proporciona los siguientes datos:

Resistencia promedio fibra seca = 1065,24 (kgf/cm^2) = 104,47 (MPa)

Resistencia promedio fibra húmeda = 1182,66 (kgf/cm^2) = 115,98 (MPa)

Estos resultados demuestran que no existe mayor diferencia en el comportamiento mecánico de la fibra de mimbre seca o húmeda; esto quiere decir que conserva sus propiedades en cualquiera de estas situaciones, por lo que se puede tener la seguridad de exponer la fibra a distintos medios sin temer un cambio significativo, pues es capaz de comportarse de similar forma en ambas situaciones, haciéndola óptima para estos estados. También se entiende que estas variaciones no proporcionan mayores ventajas a la fibra, excepto por la mayor maleabilidad que se logra al estar húmeda.

6.3.2. Conclusión 2

La tabla comparativa (gráfico 3) muestra las resistencias promedio a la tracción de diferentes materiales, entre vegetales y acero. Estos materiales corresponden a los comúnmente utilizados para mallas de todo tipo y a los últimos estudios en cuanto al uso, en construcción, de elementos vegetales.

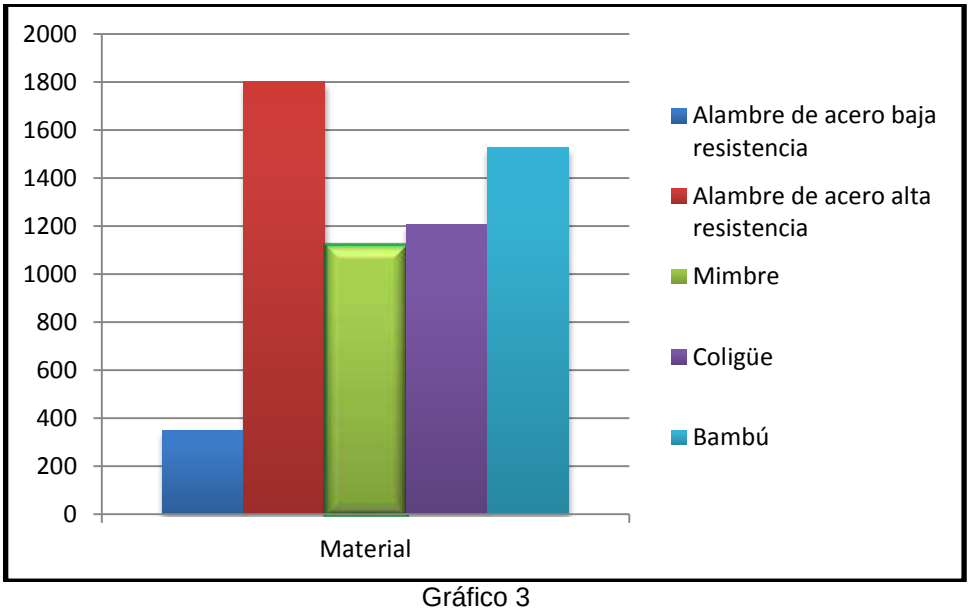


Gráfico 3

Fuentes: Himachalwire.co.in; Elaboración propia; MARQ. Universidad Católica de Chile; Botero, 2004

Al comparar las resistencias obtenidas es posible comprender las similitudes mecánicas existentes entre los elementos analizados, donde el mimbre alcanza una resistencia promedio dentro del rango medio de comportamiento esperable para los alambres de acero constituyentes de una cantidad importante de mallas metálicas utilizadas en construcción y otros fines. De la misma manera, es equivalente al comportamiento de otras fibras vegetales utilizadas comúnmente en la elaboración de la quincha.

Esto demuestra que el mimbre, en su formato de huira, puede ser utilizado óptimamente como un elemento capaz de resistir tracción en una estructura portante, sin embargo, se entiende que, como cualquier elemento lineal de bajo espesor, requiere de ayuda para tomar esfuerzo mixtos (acción en ambos ejes) y específicamente para que la estructura sea capaz de tolerar esfuerzos de compresión.

2. DISEÑO: ¿DE QUÉ MANERA SE ESTRUCTURA EL MIMBRE PARA CONSTRUIR UN PANEL DE "QUINCHA" CUSTOMIZABLE?

La investigación obtuvo una serie de conclusiones y relaciones, las que resultan factibles de aplicar en el diseño de un prototipo de panel. A continuación se exponen los siguientes puntos prácticos que se tomaron en cuenta, teniendo presente que uno de los preceptos importantes a mantener es la prefabricación de un sistema que incorpore la tierra como material constitutivo:

- El mimbre posee un buen comportamiento mecánico a la tracción, incluido dentro del rango de resistencia de los alambres de acero para mallas de alta resistencia, por lo que es posible inferir que una malla de mimbre se comportará de manera análoga a una malla de acero común.
- Las fibras no resisten de buena manera los esfuerzos de compresión y las soluciones autoportantes resultan en elementos a baja escala, por lo tanto requiere de una estructura primaria auxiliar.
- La práctica constructiva del mimbre permite la incorporación de elementos de diferentes materiales (acero y madera) que contribuyan a flexibilizar el diseño y maximizar la aplicabilidad del material.
- La metodología constructiva de entramado del mimbre permite un buen anclaje por roce con la tierra, permitiendo que se minimicen los desprendimientos gracias a una superficie de contacto con tectónica rugosa y con intersticios a ser llenados.

Los puntos anteriores plantearon las primeras pautas a ser consideradas para el desarrollo del prototipo, evidenciando un primer axioma: el tejido en mimbre no soporta bien cargas externas de compresión, por lo tanto es necesario integrar elementos estructurales primarios, lo que induce al diseño de un bastidor rígido perimetral.

Los ensayos indicaron que el mimbre, al ser una fibra, es un buen material para diseñar estructuras que funcionan bajo esfuerzos de tracción y tensión, pero se hace necesario incluir elementos que tomen las cargas a compresión; en otras palabras, el mimbre es un sistema a tensión que necesita elementos que modelen su forma y aporten estructura rígida, una estructura que lo contenga y genere su espacio físico.

Para este sistema, al incluir estos diversos factores de uso y comportamiento estructural, se dificultó el lograr auto estructuración, por lo que se decidió incluir el mimbre dentro de un sistema primario estructurante, funcionando como aporte y no como un método estructural por si solo.

Al tener en cuenta todos los aspectos anteriores, se decidió redefinir la hipótesis y objetivo inicial abandonando la idea de que el panel sea estructural autoportante y refocalizándose en el diseño de un sistema no estructural compuesto por un bastidor rígido perimetral y un tejido de mimbre que conforma soluciones de mobiliario.

Para llevar a cabo la nueva hipótesis, se consideraron 5 principios básicos de diseño:

- Liviandad y modularidad
- Simpleza de construcción
- Mixtura de materiales
- Tectónica
- Bajo impacto ambiental (reciclable)

Otro enfoque que aportó al diseño corresponde al usuario objetivo, lo cual apuntó a la siguiente pregunta:

¿Qué usuario es más receptivo a un sistema constructivo a base de fibras vegetales?

Para construir la respuesta, se debió tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El interés en preservar sistemas vernáculos de construcción (mantener la tradición)
- La aplicación de sistemas ecológicos y amigables con el ambiente (bajo impacto ambiental)
- La simpleza de la construcción
- El valor funcional y estético de la aplicación

Fue necesario tomar en cuenta el beneficio que considera la utilización final del sistema, ya que tendría que responder tanto a requerimientos constructivos como de organización espacial.

Se decidió entonces proyectar un panel autoportante no estructural utilizando elementos de madera que tomen las cargas de compresión y apoyen el proceso de instalación, a su vez un tejido de mimbre que sirva para tomar los esfuerzos de corte y que soporte el diseño de mobiliario en obra, entregando un valor tectónico-estético diferenciador; por su parte a la tierra no se le exigen propiedades estructurantes en el sistema, sino que se utilizan sus atributos en términos de eficiencia energética en control climático y acústico para concluir el sistema constructivo, en otras palabras, las fibras vegetales – madera y mimbre- entregan el soporte para a un relleno y reboque en tierra cruda.

Utilizar un sistema de paneles prefabricados que tome todo el espesor de un muro, tiene cuantiosos beneficios respecto a la ejecución de obra, ya que reduce el tiempo de montaje y por ende de construcción, se reducen errores dimensionales y descoordinaciones, se reducen a un mínimo las faenas húmedas y -en el caso del sistema-panel propuesto-, se maximiza el potencial espacial del proyecto y se pone en valor el trabajo artesanal histórico del tejido en mimbre.

Panel customizable: Al concebir el panel como un elemento modular y capaz de incluir mobiliario, se empezó a develar el potencial del sistema en el desarrollo final del espacio que conformarán los distintos módulos, entregando al usuario la posibilidad de adaptarlo a sus requerimientos o gustos personales.

Resumiendo, este sistema customizable permite incluir al usuario en el diseño del producto, flexibilizando la relación entre el diseño de espacios y los requerimientos particulares de mobiliario, haciendo más eficiente el uso de espacios reducidos, potenciándolos y adaptándolos desde generalidades a aspectos muy particulares; lo que se traduce en mayor confort, bienestar y satisfacción propia de un diseño participativo.

2.1. Descripción del prototipo

Para la estructura del panel, se consideró para el mimbre una figura tipo onda, ya que de esta manera la malla puede cooperar en la resistencia a la compresión y por morfología se rigidiza. Se propuso entonces una malla ondeada tejida entre elementos verticales en cada cresta de la onda para lograr estabilizar la estructura de la malla y del panel. La malla tejida entre los elementos verticales toma los esfuerzos de corte laterales.

Para los elementos verticales destinados a tomar la mayoría de la cargas de compresión hacia el sistema, se tomó la analogía del tabique balloon-frame con pie derechos de madera, pero sin riostras diagonales ni horizontales.

Parte de la propuesta de diseño fue tomar la modulación usual observada en los paneles comerciales donde se utiliza el múltiplo de 60 cm en la horizontal para dimensionar y poder lograr mantenerse bajo parámetros conocidos de estructuración, instalación, cubicación y disponibilidad de insumos para construir. De esta manera, se logró un panel de 210 cm de alto por 120 cm de ancho, dimensiones similares a una placa de yeso-cartón.

El sistema, al proponer un paramento vertical terminado, debe hacerse cargo de la aislación termo-acústica, por lo que se consideró como relleno en barro una versión alivianada con viruta de madera, ubicado en el intersticio central que queda al cerrar la unión del tejido de mimbre periférico (superficie terminación interior o surgimiento de mobiliario) con el tejido de mimbre central (ondeado) y también en el espacio entre la malla de mimbre y la quincha exterior, esto con el fin de restar peso al panel final.

Finalmente el sistema fue pensado para instalarse entre una tabiquería en madera conformada por pies derecho de 2”x4” con solera inferior previamente instalada en madera 2”x6”, la que funciona como estructura primaria portante de la edificación.

2.1.1. Elementos constructivos del panel

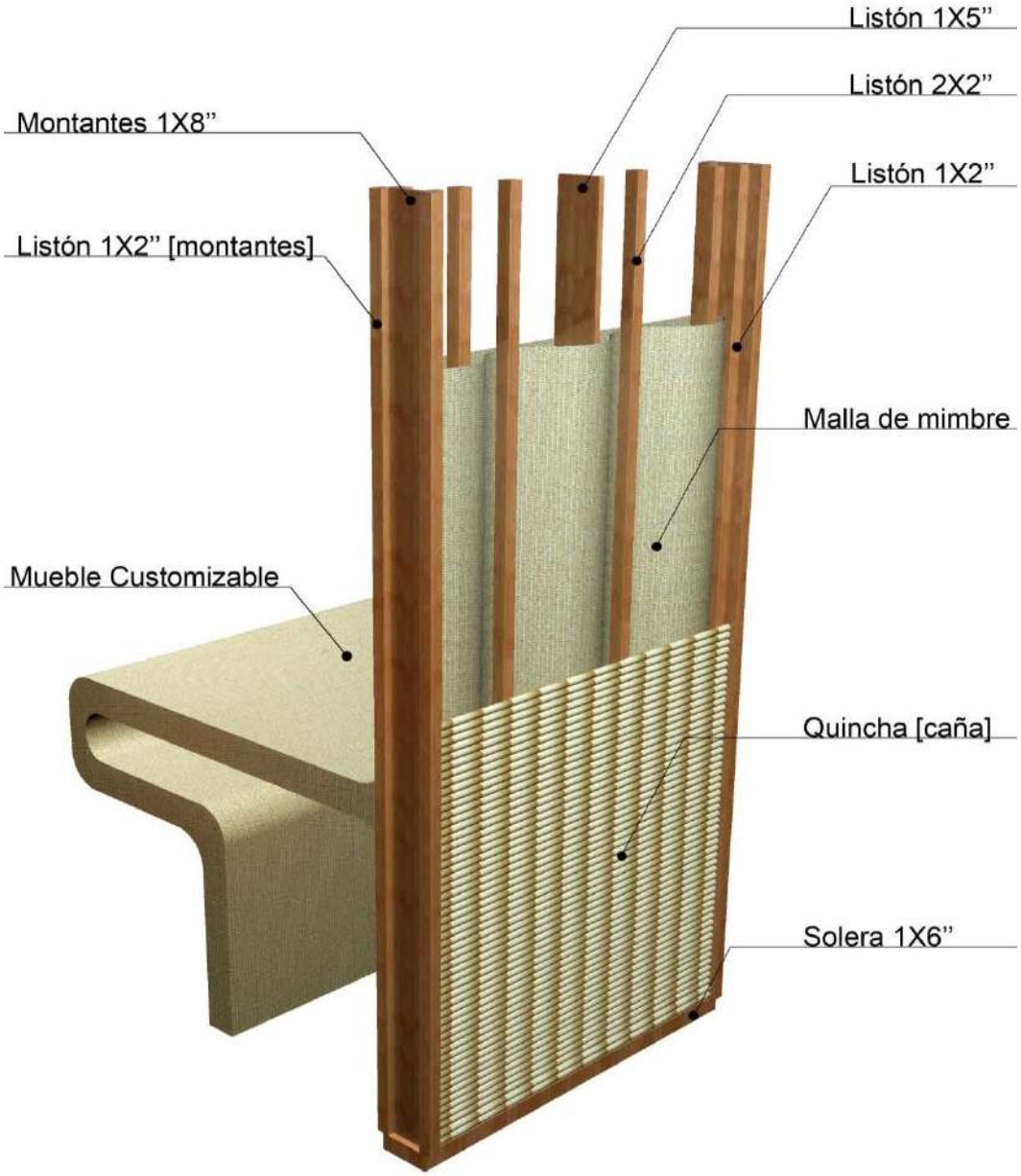


Figura 1. Escantillón panel

1) Solera inferior: corresponde a un tablón de pino de 1x6 pulgadas. Base estructural del panel

2) Elementos verticales: Tres clases: a. Listones 2x2'' y tabla 1X5" (sostienen la malla de mimbre y el mobiliario); b. Listones 1x2'' (sostienen la estructura exterior de quincha en paneles exteriores y la malla exterior periférica en paneles interiores); c. Montantes 1X8'' (funcionan como cierre lateral del panel ayudando en la fijación de los paneles a la estructura primaria y en los casos de unión panel/panel. Para este objetivo, los laterales (1'X8'') sobrepasan el ancho base del panel (1X6''), espacio ocupado para lograr las fijaciones mediante pernos. Se agrega, a cada extremo, un listón de 1X2'' con tal de dejar en el centro un espacio de 1'X4'', lugar donde se acopla a la estructura primaria)

3) Malla de mimbre: consolida la estructura y compone, tanto la red interna del panel (contención del relleno) como la superficie de terminación interior o configuración del mueble opcional.

4) Quincha: se abstrae del concepto original, interpretándola como revestimiento en la cara del panel que da a la intemperie, sirviendo como base a la colocación del revoque de barro y también como aporte estructural a los esfuerzos de corte (por la disposición horizontal de las varas).

5) Estructura mueble (opcional): corresponde a una estructura de acero, fijada a los montantes de madera y moldeable a cualquier forma, que se integra al panel y compone el espacio customizable (mueble).

2.1.2. Uniones

Las uniones quedan definidas de la siguiente forma:

- Unión solera inferior estructurante/panel

Se fija la solera inferior 1X6" del panel a un tablón de madera de dimensión 2"X6" instalado previamente como solera de la estructura primaria soportante de la construcción. De este modo se logra una unión madera a madera, simplificando las uniones base.

- Unión estructura primaria/panel

La fijación del panel a la estructura primaria (pies derecho 2"X4") se hace por medio de los montantes 1"X8" ubicados en los extremos, logrando así una unión solidaria. Cada montante va unido entre sí por medio de pernos, los cuales son cubiertos por pasadores (u otra solución ej. pletina), abrazando al pié derecho.

- Unión panel/panel

Los paneles en su función de tabiques divisores, se fijan entre sí [a tope], por medio de los montantes 1"X8" [ubicados en los extremos], utilizando pernos estructurales (del mismo modo que la unión estructura primaria/panel). De esta manera se mantiene una estructura de paneles solidaria entre sí.

- Unión solera coronamiento estructurante/panel

Al igual que la unión a la solera inferior, la fijación superior del panel será por medio de la solera superior que se une a la solera de coronamiento en la estructura primaria soportante mediante unión madera-madera.

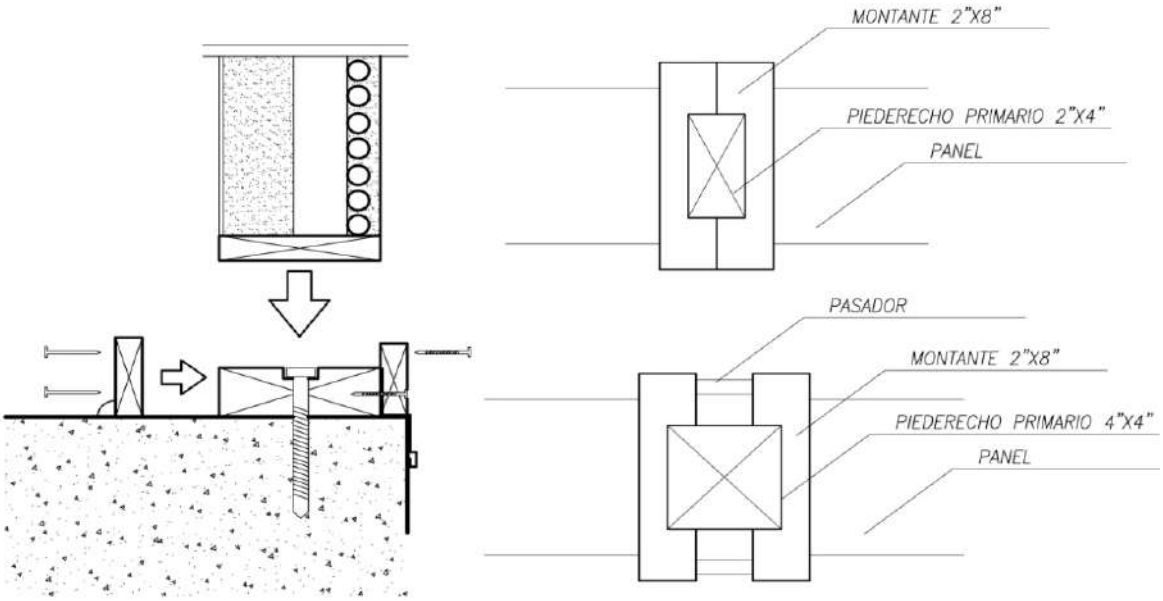


Figura 2. Detalle uniones solera inferior estructurante/panel, panel/panel y estructura primaria/panel

- Unión estructura mueble/panel

La fijación de la estructura de los muebles al panel se realiza, por medio de amarre con alambre galvanizado encajado en pequeños sacados hechos en la barra de acero y en la madera, con el fin de asegurar que la barra quede, sujeta sin deslizar en sentido horizontal ni vertical.

2.1.3. Relleno

El relleno consiste en una mezcla de barro alivianado con viruta de madera, dispuesto en estado húmedo y comprimido con pisón en los intersticios que deja la geometría interna del panel entre la malla de mimbre, los elementos verticales y el cerramiento de quincha.

Constructivamente el panel se prefabrica en su totalidad fuera de la obra, pero debe ser cerrado por la solera superior una vez embebido el relleno de barro. Para la fabricación del panel (en la etapa de tejido en mimbre), los elementos verticales son sostenidos en su ubicación por una plantilla de madera que permite mantener el plomo de estos mientras se teje. Una vez tejido, el mimbre afianza la vertical de estos elementos

Lo que se logra con esto es que permite rellenar sin dificultad y, una vez concluido el proceso, se procede a finalizar y sellar el panel colocando la solera superior en madera 1x6".

2.1.4. Terminación interior y revestimiento exterior

La terminación interior rescata el valor estético y tectónico del mimbre, por lo tanto, se deja a la vista el material; mientras que en el exterior, el panel es revocado con barro al igual que la quincha tradicional.

El revoque exterior debe poseer ciertas características para lograr resistencia (a los cambios climáticos mayormente), buena adherencia y evitar fisuras; por lo que se consideró añadir fibras vegetales a la mezcla compuesta por arena, agua y arcilla.

Figura 3. Revoque

3. CONCLUSIONES

En medio de la exploración de técnicas vernáculas de construcción en tierra, se destacó, por su competencia ecológica y tradición técnica, la quincha. De este modo se abrió la posibilidad de explorar nuevos materiales que revaloricen esta tipología constructiva. Sale a la luz un material popular y de tradición arraigada en nuestro país, conocido y utilizado comúnmente para la fabricación de mobiliario por su durabilidad, valor tectónico y por una identificación local, el mimbre.

La conjunción de ambos elementos: técnica y material, quincha y mimbre; llevó a develar la posibilidad de incorporar el mimbre como elemento activo en la quincha y de este modo integrar un nuevo material a la práctica de la arquitectura más allá de un objeto de adorno o un interesante revestimiento.

El mimbre demostró amplias capacidades, aunque no exento de dificultades (como la incapacidad del mimbre seco para ser doblado en ángulos superiores a 90° sin quebrarse), para ser considerado apto como material para proyectar soluciones constructivas donde, desarrollando una manera acorde a sus propiedades mecánicas, se puede incluir como un factor diferenciadora la técnica de la quincha para su utilización como sistema constructivo actualizado y competitivo.

Malla vegetal

Las características del mimbre para lograr una malla estable y solidaria a una estructura fueron exploradas por medio de pruebas, arrojando niveles de resistencia similares al acero, aunque en menor rango (resistencia a la tracción promedio 110.23 MPa) De esta manera se responde a una de las primeras interrogantes acerca de su condición mecánica, considerándose apto como material estabilizador. La segunda "¿cómo manejar el material?" es respondida a través de la exploración de su propia técnica tradicional, llegando a entender que para obtener un beneficio constructivo, el mimbre debe ser incorporado dentro de un bastidor que ayude a superar sus deficiencias mecánicas.

Se puede concluir que -para ese caso- el mimbre expone sus máximas propiedades al ser tratado como un conjunto, es decir su resistencia actúa al máximo al desarrollarse como tejido y este tejido opera al máximo al ser parte de un bastidor colaborante.

Forma

La forma del mimbre para su aplicación en la construcción pasó por una serie de consideraciones, con las cuales se entendió que el mimbre es un material que funciona mejor en condiciones donde su potencial mecánico es explotado por forma, llevando a actuar a sus propiedades de tensión en beneficio de una estructura compuesta. De esta manera se le dio forma al contenedor de la malla, siguiendo las pistas entregadas por la técnica del tejido de mimbre: es necesario un bastidor.

Para que el bastidor del mimbre funcione en conjunto con la técnica de la quincha, se concluyó que debe contener una forma que exija al mimbre a actuar al máximo, encontrando, de esta manera, que la mejor táctica para explotar y potenciar las propiedades del mimbre es forzarlo a dar curvas, lo que aumenta la rigidez del conjunto. Es así como se elaboró un bastidor de madera que sea capaz de contener las curvas necesarias para desarrollar las tensiones del mimbre.

El desarrollo del panel, reconoció las "pistas" obtenidas a través de la investigación, alcanzando un diseño capaz de explotar el potencial del mimbre como material de construcción y mantener las características y beneficios de la técnica de quincha.

El panel buscó incorporar la resistencia del mimbre, la práctica del tejido, su necesidad de contención y máximas propiedades mecánicas expuestas en la forma curva volviéndolo, a la vez, capaz de añadir el uso conocido del mimbre como material de mobiliario. Este conjunto dio forma a un panel modular funcional, aplicable a la construcción y elaboración de espacios interiores, de un modo práctico y estable.

La modularidad ayudó a formalizar los elementos componentes, al mismo tiempo que proveyó un soporte para el desarrollo de un sistema que entrega valor al trabajo artesanal del mimbrero y acogió la variante customizable del diseño de una estructura, al poder soportar la inclusión de elementos de mobiliario.

Mobiliario / Customización

El incluir una solución de mobiliario se determinó al considerar el valor estético del mimbre y su reconocimiento como material práctico para una variedad de muebles. En relación a lo anterior, el panel potencia su propia aplicación en el diseño eficiente de espacios reducidos y, a la vez, se proyecta como un elemento variable, el cual puede ser adaptado a una gran cantidad de soluciones según sea la necesidad del usuario, es decir se convierte en un producto mejorable por mano de los requerimientos de uso: panel customizable. Esta característica fomentaría, de buena forma, la labor del mimbrero, proyectando su trabajo en diversas áreas.

Durabilidad

Al considerar un sistema mixto entre madera y mimbre, también fue necesario entender el que podría ser el principal problema de este: su durabilidad. Una excelente ventaja del mimbre es la rápida sustitución de sus componentes, es decir, cuando el tejido sufre algún

deterioro es posible cambiar el tramo dañado; si el mimbre se corta, es posible volver a tejerlo, volviéndose una ventaja sobre la quincha tradicional. Otra arista del problema fue la resistencia del sistema a agentes biológicos de deterioro, como cualquier clase de insectos xilófagos o parásitos. Al estar compuesto esencialmente de material vegetal (madera), la degradación de los elementos (compartido con la quincha tradicional), comienza a ser un problema que si bien, es solucionable dentro de los distintos tratamientos existentes para las maderas, requiere un mayor estudio, abriendo un campo a la exploración de mejoras en los sistemas de tratamiento contra distintas patologías (hongos, rayos UV, humedad, termitas, etc.).

Proyección

El potencial del sistema se encuentra al desarrollar una solución constructiva enfocada en lo artesanal y en el diseño flexible, evitando competir con sistemas constructivos de bajo costo. Esta característica permite involucrar una serie de factores que influyen en su elaboración, siendo agente principal el artesano mimbrero, cuyo trabajo se vería afectado de buena forma al introducir un nuevo producto al mercado del mimbre. De esta manera se obtiene una nueva fuente de trabajo para el artesano y se crea una nueva oferta de soluciones constructivas.

La manera con que se puede proyectar el sistema tiene directa relación con los componentes empleados. El mimbre, que integra el alma del panel, es un material bastante flexible: al lograr alcanzar una gran variedad de formas, comienzan a extenderse las perspectivas de aplicación.

En el sistema de marcos de madera, las formas que adopta el mimbre son flexibles (depende del distanciamiento entre elementos verticales), lo que entrega una gama diversa de posibilidades como: variación de la curva, posibilidad de doble curvatura, variación del relieve; por ende se considera viable la posibilidad de adaptar la geometría del panel, desde la forma recta inicial, a un diseño en curva, entregando una variable customizable más y un beneficio al desarrollo del diseño de espacios.

Otro campo exploratorio posible es experimentar con el tamiz del tejido, integrando distintas técnicas con el objeto de adecuar el sistema a distintos requerimientos (revoque, resistencia, diseño). La técnica del tejido de mimbre posee una alta gama de formas y tamices, lo que aporta plasticidad al desarrollo del sistema adecuándolo a otras utilidades, como por ejemplo si se quiere utilizar el mimbre como una malla efectiva embebida en barro, en una analogía a la técnica del hormigón armado o de la quincha metálica con malla de acero electrosoldada (sistema usado con bastante éxito por el arquitecto Marcelo Cortés), pero en este caso, reemplazando el acero por una fibra vegetal.

El panel customizable QM2 ve la luz como un sistema flexible, adaptable a múltiples requerimientos, pudiendo ser aplicado en diversos campos de la arquitectura y el diseño.

Innovación vs desarrollo local

Al innovar respecto a la construcción con tierra e incorporar a un nuevo participante como la industria tradicional del mimbre, se pueden entregar nuevas herramientas a su desarrollo abriendo nuevas pautas de mercado y de producción de sistemas artesanales.

De la tierra ya existen estudios y casos donde se le ha dado una nueva interpretación actualizando su uso y valorando sus propiedades, pero respecto al mimbre como material para una línea de productos arquitectónicos o de diseño, la industria artesanal mimbrera podría actualizarse para mantener en la conciencia colectiva los beneficios y potenciales de su trabajo y técnica, anticipando que los nuevos productos beneficiarían a una actividad que ha visto pasar el tiempo sin proponer nuevas alternativas, promoviendo que el artesano mimbrero, la zona mimbrera (por ej. Chimbarongo, Chile) y la técnica del material, sean parte de un nuevo empuje laboral con un nuevo nicho de mercado: productos arquitectónicos.

Campos investigativos futuros

La geometría y la composición del sistema pueden adaptarse a otras aplicaciones aparte de cerramientos, como por ejemplo:

- Cielos falsos utilizando un marco en madera de menor sección, donde se incorpore a la tierra como un material aislante y absorbente acústico.
- Plataformas horizontales estructurantes capaces de recibir carga que hagan trabajar al mimbre en su mejor condición: la tracción. Estas losas podrían ser construidas con la utilización de un bastidor de madera que ayude al montaje con uniones simples en sistemas tradicionales (por Ej.: un envigado de madera), donde en la cara inferior del módulo se teje una malla de mimbre que, además de trabajar mecánicamente, sirva como soporte o moldaje a un relleno en tierra cruda alivianada que constituye el espesor y da el nivel terminado al entrepiso.
- Prueba de la interacción de la tierra y distintos tipos de tejidos, también como las diversas variantes aportan a la estabilidad y comportamiento estructural del panel .

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Botero, Luis (2004). *Manual de bambú*. Buenos Aires, Argentina: COMPYMEFOR, 114p.

Instituto Nacional Forestal (Chile). *El mimbre.* Disponible en http://www.infor.cl/mimbre

Currículos

Carolina Lavín Loayza: Arquitecto U.T.F.S.M (2012), diploma en Fotografía Digital en instituto Arcos, actualmente se dedica al ejercicio libre de la profesión y al diseño de libros de la Editorial USM.

Luis Pablo Barros Lafuente: Arquitecto, U. de Chile (1981), profesor adjunto U.T.F.S.M, ex-director del Depto. de Arquitectura; premio en el área de tecnología del C.A de Valparaíso (2005), premio maestro destacado U.T.F.S.M (2009); autor de los libros “Ideas en torno al taller de Arquitectura” (2010) e “Incuba” (2011), editorial USM.

Gustavo Sarabia Fuentes: Arquitecto U.T.F.S.M (2006), egresado Construcción Civil U.T.F.S.M (2011), profesor de taller de arquitectura y coordinador de prácticas del Depto. de Arquitectura U.T.F.S.M; autor libro “Incuba” (2011); actualmente combina el ejercicio libre de la profesión con la actividad académica.

SISTEMA CONSTRUCTIVO BTA: APLICACIÓN DE LA PREFABRICACIÓN A LA BIOCONSTRUCCIÓN

Carlos H. Placitelli

ABC Bioarquitectura, Buenos Aires, Argentina
carlos.placitelli@gmail.com

Palabras claves: Técnicas constructivas, costos de obra, tiempos de ejecución, prefabricación.

Resumen

Las técnicas comúnmente usadas en la bioconstrucción, suelen llevar mucho trabajo. Esto las vuelve costosas cuando se debe contratar mano de obra profesional. En algunas de ellas, los tiempos de obra pueden ser muy largos lo que contribuye al encarecimiento de la construcción.

La tierra alivianada, en particular, sistema originario del norte de Europa, permite obtener viviendas con excelente comportamiento térmico e higrométrico, sin la necesidad de emplear muros excesivamente anchos, consumidores de un espacio escaso en muchos predios suburbanos y urbanos. Sin embargo, dado que es un material que se elabora en el momento, requiere de un tiempo de secado importante, particularmente cuando se hace en climas húmedos o durante el invierno.

El sistema BTA (bloque de tierra alivianada), toma las virtudes de la prefabricación y las suma a las de la tierra alivianada, al utilizar bloques que llegan secos a la obra, prontos para colocar. Esto reduce drásticamente los tiempos de construcción. Por otra parte, las estructuras de madera que se usan en esta técnica, también son prefabricadas por lo que sus componentes se pueden construir bajo techo.

Se trata de un sistema híbrido o mixto, que combina las bondades de la construcción con madera y las de la construcción con tierra, produciendo viviendas de buena calidad y valor estético a precios razonables.

No se requiere capacidades especiales para su empleo. Es un sistema fácil de usar y adaptable a un sinnúmero de situaciones, formatos y usos.

Por sus características, resulta también excelente para la autoconstrucción asistida, programas de vivienda social, cooperativas, ecobarrios, grupos, etc.

Admite la posibilidad de trabajar con materiales reciclados o considerados desperdicios o bien con materiales naturales, presentes cerca del lugar de la obra.

1. ANTECEDENTES.

La presente ponencia describe las particularidades de este sistema, desarrollado en Uruguay y Argentina entre los años 2001 y 2010, a través de su empleo en varias obras. También expone sus ventajas, posibles variantes y lo compara con otros sistemas de bioconstrucción de uso común.

Este sistema de construcción natural que resulta de una combinación de técnicas exitosas busca un objetivo fundamental: bajar los costos de la construcción. Esto se obtiene, fundamentalmente, a través de la reducción de los tiempos de ejecución y gracias al empleo de materiales baratos y/o fáciles de encontrar localmente.

Derivado de la tierra alivianada, también llamado barro alivianado (Minke, 2003) o paja encofrada, el bloque de tierra alivianada (BTA) combina estructuras de madera similares a las usadas en la construcción estándar con ese material y bloques de tierra aligerada.

A diferencia del sistema original, que implica colocar el material fresco dentro de un encofrado y compactarlo allí (1), el sistema BTA usa bloques ya secos (Figura 1).

Tampoco debe confundirse con el adobe, que sólo emplea estructuras de madera auxiliares (principalmente en las aberturas) y que normalmente es capaz de soportar por sí solo las cargas transferidas por los techos o con la fajina (también llamada quincha, bahareque,

pared francesa o pau a pique en Brasil) que si bien usa estructuras portantes similares, implica colocar el material fresco en ellas.

Figura 1 – Comparación entre tierra alivianada y BTA

Comparado con los fardos de paja, el BTA tiene paralelismos en cuanto a las estructuras portantes y a la forma de trabajar mayormente en seco, pero emplea espesores de muro mucho menores. Si bien el BTA tiene una densidad bastante mayor a la de cualquier fardo de paja, en ningún caso se le confiere responsabilidad estructural como en el método Gagné o la Técnica Nebraska (Minke, 2005)

2. UBICACION

Las once obras realizadas con esta técnica se encuentran en su gran mayoría en Uruguay, en una faja costera de territorio de unos 200 km de largo por 20 km de ancho que comprende los departamentos de Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha. Existe otra ubicada en Radal, Provincia de Chubut, República Argentina.

El clima de ambas zonas es bien diferente. Mientras que en Uruguay, es templado húmedo y marítimo, con baja amplitud térmica y sin temperaturas extremas, el de Radal es continental, de veranos secos e inviernos muy húmedos y fríos. En Uruguay el efecto del viento sobre la sensación térmica es importante, mientras que en Radal es insignificante.

Todas las construcciones se ubican en zonas rurales o suburbanas, caracterizadas por tener abundante vegetación, terrenos amplios y baja densidad poblacional. Esto ha permitido libertad en el diseño y orientación de las edificaciones. Una sola de ellas, se encuentra en la zona urbana de Montevideo (2).

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 Estructura de pisos y paredes

La estructura de madera que necesita el BTA, compuesta por bastidores da a las paredes la resistencia para soportar el peso de pisos y techos, reduciendo la necesidad del uso de columnas. Dichos bastidores, se realizan de la misma manera y empleando los mismos materiales usados habitualmente en la construcción con madera (básicamente tirantes de pino o eucalipto de 2” x 4” de sección). El sistema utilizado es el de poste-viga que permite usar largos de madera menores que el sistema Baloon (Hempel, 1987).

Con respecto a los detalles de construcción, pisos y entrepisos (Hempel; Poblete, 1998), aberturas, etc, para los cuales, en las primeras obras, la información obtenida de diversas publicaciones permitió ensayar soluciones que luego se volvieron estándar en las siguientes.

El criterio a adoptar ha sido siempre la simplicidad, evitando en lo posible encastres o rebajes que compliquen, retrasen la ejecución o impliquen el uso de mano de obra especializada, sin por ello sacrificar la solidez.

El tamaño y peso de las distintas piezas, por otra parte, eximió de trabajar con equipos sofisticados tales como grúas, auto elevadores, polipastos, etc. con lo cual la ejecución de la estructura se realizó con herramientas sencillas y de bajo costo.

3.2 Bloques de tierra alivianada

Los bloques, pueden ser fabricados y llevados secos al lugar de la construcción o bien hechos en el lugar. Su realización es una de las primeras tareas de preparación de la obra, para dar tiempo a que se sequen.

Están compuestos de arcilla y algún material ligero (preferentemente fibra) capaz de unirse bien con ella, formando un bloque liviano, estable y resistente, con alto contenido de aire de manera de reducir de manera importante la conductividad térmica de la tierra. Hasta el momento, se ha usado paja de trigo, arena volcánica y viruta de madera.

Su baja densidad, los hace excelentes aislantes térmicos sin necesidad de utilizar muros anchos (3). Según Minke (2003) la mezcla de barro y paja tiene una densidad, en estado seco por debajo de los 1200 kg/m^3. Las mediciones hechas, aunque no sistemáticas, dan valores de unos 750 kg/m^3 en el caso de barro y paja y 900 kg/m^3 usando viruta de madera (4). No hay mediciones de densidad de los BTA de arena volcánica.

Minke (2003) indica también valores aproximados de conductividad térmica en función de la densidad, que permiten inferir valores de λ de 0,2 para la mezcla de barro y paja y de 0,3 para el de barro y viruta. Estos valores no han sido aún corroborados en laboratorio.

La unión entre el bloque y la estructura, se logró mediante una alfajía de madera triangular fijada a los elementos verticales del bastidor, donde encastran las ranuras que presenta lateralmente el bloque. En sentido vertical, entre bloque y bloque se colocó un mortero de arcilla y arena de 1-2 cm de espesor. En aquellos espacios donde no fue posible o práctico rellenar con bloques secos, se colocó el mismo material pero fresco. Para impedir su caída y reforzar estas zonas, se usaron tiras de arpillera pegada con barbotina (barro líquido) a los bloques.

Similar refuerzo se usó en las aberturas, a fin de impedir que el batimiento de las mismas provoque fisuras en el revoque y su caída.

3.3 Cimentaciones

Las casas construidas con BTA, pueden estar tanto levantadas del piso como apoyadas en él, siendo esto de elección del diseñador. El sistema, que permite hacer casas bastante livianas, no necesita cimentaciones reforzadas o especiales.

La primera solución es claramente superior en zonas inundables o en terrenos de cierta pendiente y ha sido usada extensivamente en las obras realizadas. (Figura 2)

Las edificaciones se han comportado bien en suelos rocosos, arcillosos y arenosos.

3.4 Terminaciones

Las terminaciones exteriores, pueden ser de varios tipos, según la disponibilidad de materiales del lugar, el diseño de la casa y su ubicación, el presupuesto o el gusto del propietario (5).

El uso de materiales como la madera o la chapa asfáltica en lugar de revoques de tierra, asegura una larga duración de la edificación, particularmente cuando esta se encuentra en zonas muy expuestas a la acción de la lluvia y el viento.

En cuanto a la terminación interior, se prefirió el revoque de arcilla y arena, por sus excelentes condiciones de absorción de la humedad ambiente. En algunos casos, se

colocaron revestimientos de madera, en aquellas áreas en las que se necesita una protección mayor.

Pueden colocarse cerámicos en aquellas zonas más expuestas a las salpicaduras, utilizando para ello una malla plástica o metálica clavada a la estructura, sobre la que se azota el adhesivo para cerámicos como en cualquier muro.

También es posible pintar, usando siempre pinturas no plásticas que permitan el libre intercambio de humedad entre ambas caras del muro o, si se prefiere, el color puede estar incorporado en el revoque, como tierras de color.

Otras terminaciones como el empapelado, han sido también utilizadas con éxito.

3.5 Cubiertas

El sistema hace posible colocar el techo antes de proceder al relleno de las paredes y trabajar a cubierto de la lluvia y el sol durante esta etapa.

La resolución de estructura de las cubiertas, depende de las características de las mismas, pero normalmente obedece a las recomendaciones hechas por normas como la chilena NCH 1198 (INN, 1991), dado que en Uruguay la disponibilidad de maderas adecuadas para la construcción es reciente y aún se carece de una norma nacional sobre el tema. La secuencia de cálculo adoptada, es la expuesta en el manual Tecnología de la Madera (Editorial Edebé, 1996), pero se consultó otra bibliografía también durante el proceso de desarrollo de la planilla correspondiente (Villasuso, 1993; Hempel; Poblete, 1998).

Se prefirió el techo verde o vivo, dado que permite obtener un excelente aislamiento térmico, acorde con el de las paredes y pisos. El peso de la cubierta verde descarga perfectamente bien sobre los bastidores haciendo innecesario, en zonas no sísmicas, una estructura independiente para ello. En una de las obras, se utilizó chapa asfáltica.

Originalmente, las especificaciones de los techos vivos, obedecieron a las recomendaciones del Prof. Gernot Minke y a los detalles presentados en su libro (Minke, 2004). Posteriormente, la experiencia obtenida, permitió desarrollar una tecnología propia, más adecuada para la realidad local y que se plasmó en una publicación (Placitelli, 2011).

3.6 Instalaciones eléctrica y sanitaria

No presentan particularidades. Se emplearon los mismos materiales que en cualquier otra obra. Los elementos verticales de los bastidores, permiten fijar caños y corrugados, así como cajas para interruptores, enchufes, tableros, etc.

El recorrido horizontal de los tendidos se hizo siguiendo la solera inferior o la superior de los bastidores, según resultara conveniente, aprovechando los canales que se forman naturalmente por la diferencia de espesor entre los elementos estructurales y los bloques.

4. ANALISIS CRÍTICO

4.1 Sistema seco

Salvo los revoques de barro y el pegado entre bloques, el resto de la obra fue seca. Usar agua en una obra, implicaba introducir tiempos de secado, que dependen sólo de las condiciones atmosféricas. Esto suele producir demoras cuando se trabaja en zonas o estaciones húmedas.

4.2 Prefabricable

Tanto bastidores, vigas de piso, cabios, cerchas o cabriadas y demás elementos estructurales, como los BTA, fueron hechos fuera de la obra y llevados ya prontos a la misma (Figura 2).

Figura 2 – Bastidores prefabricados, listos para ir a la obra

Esto implicó también que se pudieron realizar bajo techo, con lo cual se eliminó la dependencia de las condiciones atmosféricas en esa etapa. Este factor resulta ideal cuando el lugar de la construcción carece de electricidad, de agua, o de cualquier otra infraestructura básica que facilite los trabajos.

Prefabricar, significa también que puede lograrse cierto grado de estandarización de los componentes, lo cual resulta ideal para bajar costos. Estandarización no debe confundirse con uniformidad ya que pudo hacerse varias casas bien diferentes entre sí, a partir de componentes comunes.

En tal sentido, las fotos de la Figura 3, son bien ilustrativas. En todos los casos, la medida del bloque es la misma, al igual que la separación entre pies derechos en los bastidores. Sin embargo, como puede verse, los resultados son bien distintos.

Figura 3 – Algunas obras hechas con el sistema BTA

Llevar a la obra componentes prontos o muy avanzados en su construcción, permitió ahorrar tiempos de ejecución, que suelen ser caros. Cada día de obra cuesta dinero. Este hecho,

que quizás pasa desapercibido para el auto constructor, resulta bien claro para quien contrata la mano de obra y paga los correspondientes impuestos.

A modo de ejemplo, el edificio de dos plantas (centro arriba de la figura) se construyó en cinco meses (de enero a junio) con el trabajo de 4 personas *full time*. Cada planta tiene 120 m^2.

4.3 Versatilidad

El sistema constructivo con BTA, admite tanto el uso de materiales naturales como reciclados.

La madera aserrada de pino o eucalipto de 2” x 4” (5 cm x 10 cm) en largos de 2,40 m (8 pies), suele conseguirse a precios muy razonables en amplias zonas de los países de la región.

Si no es así, es posible componer la mayoría de esos elementos a partir de trozos relativamente cortos (alrededor de un metro) y aprovechar de esa manera desechos de las carpinterías o de otros usos, como por ejemplo, pallets. El pallet industrial quizás sea uno de los elementos de uso más común, junto con los cajones de fruta, que son hechos con madera. Estos últimos, sin embargo, tienen piezas más cortas y finas que, si bien también pueden ser aprovechadas, demandan más trabajo (6).

Algunos de los materiales empleados con el sistema de BTA, son los siguientes:

- Madera
- Paja de trigo
- Arena volcánica
- Viruta
- Arcilla
- Arena

4.4 Rapidez

La rapidez de armado de las estructuras de madera prefabricada, permite techar la obra antes de comenzar el trabajo con la tierra. Esto es importante para no depender del clima y obtener así un trabajo de mejor calidad.

4.5 Simplicidad

La experiencia reunida con el BTA. permite establecer que es un sistema constructivo muy fácil de aprender.

Los mismos bastidores guían la colocación de los bloques en su sitio, haciendo innecesario el uso de plomadas, pendicolas, reglas, niveles y demás herramientas que requieren cierta pericia para lograr muros bien hechos. El sistema se empleó también en obras de autoconstrucción con muy buenos resultados.

Para los revoques, es conveniente contar con gente experiente en el tema, lo cual no significa que la participación de los propietarios quede excluida.

4.6 Adaptabilidad

Los bloques de BTA son buenos aislantes del calor. Con una densidad de unos 750-900 kg/m^3 (aproximadamente la mitad que la del adobe), su contenido de aire encapsulado es alto y esto mejora de manera importante las pobres cualidades térmicas de la arcilla.

Experiencias hechas en Chile con la tierra alivianada con paja de trigo, demostraron que este material cumple con los requisitos de la norma chilena NCH 2251 (INN, 1994) con espesores relativamente bajos, según se ve en la tabla adjunta (Tabla 1).

Tabla 1 – Espesores mínimos de muros de tierra alivianada, según la norma NCH 2251

Zona representante		Muros R100 NCH 2251	Espesor (cm)
1	La Serena	23	6,9
2	Valparaiso	23	6,9
3	Santiago	40	12,0
4	Concepción	46	13,8
5	Temuco	50	15,0
6	Puerto Montt	78	23,4
7	Punta Arenas	154	46,2

La norma argentina IRAM 11605 (1996) es más exigente. Sin embargo, los espesores requeridos para la condición B, tampoco son excesivos. Los del Nivel A, en cambio, resultan difíciles de lograr (Tabla 2). Los espesores requeridos han sido calculados según la metodología descripta en la norma IRAM 11601 (2002). (7)

Tabla 2 – Espesores mínimos en centímetros de muros, techos y pisos ventilados, según la norma IRAM 11605

Valores mínimos de espesores para muros en cm (según la IRAM 11605)			
Zona Bioambiental	Nivel A (recomendado)	Nivel B (medio)	Nivel C (mínimo)
I y II (Muy cálido - cálido)	67	27	17
III y IV (Templado)	60	24	15
Invierno, temperaturas sobre 0	79	30	16

La experiencia obtenida con viviendas construidas en la faja costera del Uruguay (sobre los 35 grados de latitud) y a pocos metros de altura sobre el nivel del mar, demostraron que muros exteriores de unos 20-22 cm de espesor son suficientes para lograr buenas performances energéticas (8).

En invierno, el uso de una estufa convencional a leña en un local central de la casa, permite lograr el confort térmico necesario sin mayores inconvenientes. Ninguna de las casas posee equipo de aire acondicionado.

Los testimonios de los propietarios de la casa construida en Radal, provincia del Chubut, en Argentina, con bloques BTA de arcilla y arena volcánica, apuntan en la misma dirección.

Es importante señalar, que parte de este buen comportamiento térmico, está asociado también a las excelentes cualidades higrométricas de la arcilla. En efecto, este material, que es capaz de absorber grandes cantidades de vapor de agua del aire, permite lograr niveles de humedad por debajo del 65 % en el interior de las viviendas, hecho que cambia de manera importante la percepción de la temperatura y aumenta la sensación de confort.

4.7 Flexibilidad

Cualquier forma geométrica o diseño que pueda ser logrado mediante una estructura de bastidores rellenos con bloques, es apta para poder usar esta técnica. Las plantas más convencionales de forma rectangular, en U, en L o cuadradas, se adaptan perfectamente bien al uso del BTA.

4.8 Restricciones

En principio, no debería haber restricciones en cuanto a las formas que se pueden obtener con el BTA. Sin embargo, este no ha sido usado a la fecha en construcciones de líneas orgánicas o curvas, lo cual no permitió evaluar si resulta adecuado o no en esos casos.

Análogamente, la aplicación de la técnica está dada por la disponibilidad de materiales adecuados en sitios cercanos. Claramente, la madera juega un rol muy importante en este

sistema. La carencia de este insumo, sea nueva o reciclada, podría ser un factor determinante en la elección de otro.

También es importante evaluar, dentro del balance energético de la construcción, la distancia entre los lugares de provisión de materias primas o de elaboración de los componentes y el sitio de la construcción. El costo de los fletes, puede ser clave.

Podría decirse que el BTA es básicamente un sistema suburbano, ideal para su empleo cerca de las ciudades y centros poblados. Esto no excluye su aplicabilidad en zonas rurales y cada caso debe ser evaluado, pero una de las principales razones para su uso es el reducido espesor de los muros, limitación que no se da en el campo (9).

Finalmente, la experiencia recogida en estos años de trabajo, muestra que hay una mayor afinidad de los constructores con ciertos materiales en desmedro de otros. Quienes no se sientan cómodos con la madera, preferirán otras técnicas en las cuales el uso de este material no sea tan intensivo.

5. REFLEXIONES FINALES

El estado actual de desarrollo del BTA, indica que hay posibles variaciones y mejoras a incluir. La fabricación en forma totalmente artesanal de los bloques (figura 4), usando moldes metálicos o de madera, donde el material es prensado a mano, resulta trabajosa y lenta.

Figura 4 – Fabricación de BTA

Además, es difícil controlar que la densidad de todos los bloques sea la misma, por lo que hay bloques más compactos y otros más ligeros. La cadencia de las obras no permitió desarrollar una planta de fabricación en la cual se pudieran hacer ciertas inversiones en maquinaria. Tampoco los intentos por desarrollar cooperativas que los fabriquen fueron exitosos. Seguramente, a medida que el sistema se popularice será posible tener centros regionales de provisión de materiales prontos.

En construcciones con techos livianos o sin entrepisos, la distancia entre los elementos verticales (pies derechos) puede duplicarse, por lo que en ese caso los bloques deben trabarse entre sí como si fueran adobes o ladrillos comunes. Pero siempre conviene hacer pruebas de resistencia a la compresión del BTA usado.

El uso extensivo de madera reciclada, es un capítulo que merece mayor atención también, buscando reducir al mínimo los costos de este material clave, sin por ello alargar los tiempos de obra.

Finalmente, el tema de los revoques como única instancia húmeda del sistema constructivo es otro de los temas a estudiar en el futuro. Quizás puedan desarrollarse placas de arcilla similares a las de yeso, que lleguen prontas a la obra y se atornillen sobre la estructura de madera.

Todos estos desarrollos requieren de más investigación y experimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Editorial Edebé (1996) Tecnología de la madera. Barcelona: Edebé

Hempel, R. (1987). *Entramados Verticales*. Concepción: Universidad del Bio-Bio.

Hempel, R.; Poblete, C., (1998). *Cerchas.* Concepción: Universidad del Bio-Bio.

Instituto Argentino de Normalización (1996). *IRAM 11605 – Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad de edificios. Valores máximos de trasmitancia térmica en cerramientos opacos.* Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización (2002). *IRAM 11601 – Acondicionamiento térmico de edifícios. Métodos de cálculo.* Buenos Aires: IRAM

Instituto Nacional de Normalización (1991). *Norma Chilena Oficial 1198 Of 91.* Santiago: INN

Instituto Nacional de Normalización (1994). *Norma Chilena Oficial 2251 Of 94.* Santiago: INN

Minke, G. (2003). *Manual de Construcción en Tierra.* Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

Minke, G. (2004). *Techos verdes*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

Minke, G. (2005). *Manual de Construcción con Fardos de Paja*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

Placitelli, C. (2011). *Techos Verdes en el Cono Sur.* Montevideo. Disponible en www.techosverdes.blogspot.com

Villasuso, B. (1993). *Estructuras de Madera.* Buenos Aires: Editorial Ateneo.

Notas

(1) La experiencia obtenida con la construcción de una casa de unos 120 m^2 en 1998 con la técnica de la Tierra Alivianada, permitió establecer que, si bien los resultados finales fueron muy buenos, el tiempo de obra, con paradas forzosas para esperar el secado de las paredes antes de proceder a su revoque y terminación, alargaron bastante la ejecución de la obra.

(2) Las casas uruguayas están hechas con BTA de paja de trigo o de viruta de madera, en tanto que en la de Radal se empleó arena volcánica.

(3) Los muros terminados de las construcciones variaron en espesor entre 20 cm (en Uruguay) y 25 cm (Radal).

(4) La abundante disponibilidad de la viruta en las zonas próximas a las edificaciones, sumada a la escasez y alto costo de la paja de trigo y a que resulta más fácil la manipulación del desecho de la madera, la hizo el material más usado (9 obras en 11 realizadas con este sistema).

(5) El uso de muros mixtos con materiales como el siding de madera o la chapa asfáltica, ha permitido mejorar el rendimiento térmico de los mismos, al sumar una cámara de aire exterior de unos 2 cm de espesor. Sin embargo, la colocación de cartón corrugado en este espacio, material con grandes cualidades aislantes no ensayado aún, puede llevar los valores de resistencia térmica de las paredes a niveles muy interesantes, con espesores relativamente reducidos.

(6) En las obras citadas no se empleó madera reciclada, pero se hicieron experimentos en talleres de capacitación en Santa Fe, Argentina, con muy buenos resultados.

(7) Los espesores calculados son sólo para muros de tierra alivianada sólidos, sin cámara de aire, y sin comprender otros materiales (madera, etc.).

(8) Si bien no se hicieron mediciones sistemáticas con termómetros internos y externos, se recibieron testimonios de propietarios que manifestaron haber registrado diferencias de unos siete grados entre interior y exterior en días calurosos de verano (28ºC contra 35ºC) y de 5 grados en invierno (18ºC contra 13ºC) sin usar ningún tipo de aparato de climatización artificial.

(9) Las áreas ocupadas por los muros exteriores anchos, característicos de técnicas tales como el fardo de paja, tapial, piedra y adobe, pueden llegar a significar una porción muy importante del área total. Cuanto menor sea el área de la construcción, mayor la proporción ocupada. A modo de ejemplo una vivienda de 36 m^2, el área neta con muros de 20 cm es de casi 31 m^2, con muros de 40 cm algo más de 26 m^2 y con muros de 60 cm unos 21 m^2.

Currículo

Carlos H. Placitelli, Arquitecto Naval (USA). Experto en C.A.D. diseño y cálculo de estructuras de madera, presupuesto y control de obras. Co-fundador del estudio ECOAECO (Uruguay). Desarrollador de software y sistemas constructivos para bioarquitectura. Autor de Techos Verdes en el Cono Sur. Consultor y docente en bioarquitectura.

PINTURA NATURAL

Irma Quiroz Quinteros

Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat de la Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
irmaquirozbo@yahoo.com

Palabras claves: Uso de energía mínima, pintura, fabricación artesanal, engobes.

Resumen

¿Quién es la Pachamama? Sin duda hay muchas respuestas, desde una perspectiva particular es la sagrada tierra, la fuente de cobijo y energía para la vida, considerada un material con cualidad y utilidad noble en su uso, como en la construcción de viviendas brindando estructura, belleza y protectora de energía a la vez. Es así se inicia esta presentación de investigación en relación a la fabricación de pinturas naturales obtenidas de la tierra, que da la Pachamama da colores inigualables en cada lugar del territorio.

La fabricación de pinturas naturales busca reducir en su fabricación el uso de consumo energético contribuye a la utilización de materiales ecológicos que no contaminan el territorio, como es los materiales de fijación, coloración, adherencia) limón, cal viva, sal, penca y/o cola de carpintero artesanal (extraído de las patas de la vaca) y los engobes.

La aplicación de los mismos se usa en revoques, decorados y acabados de la construcción como ser la pintura de muros interiores y exteriores, su rendimiento es: 10 litros fabricados de pintura natural rinde más de 100 m^2 todo depende del material del lugar, el costo llega a ser de US$10.00. La experiencia realizada es capacitando en la fabricación a comunidades indígenas, por dos razones, primero porque los costos son bajísimos y el material es eminentemente ecológico y por lo tanto de bajo consumo energético y los insumos para la fabricación está al alcance de los habitantes.

"Voluntad, cariño y manos dispuesta a dialogar con la tierra producen colores alegres que es la vestimenta de la Pachamama"

1. INTRODUCIÓN

La presente investigación tiene un contenido general acerca de la elaboración de pinturas naturales a base de compuestos orgánicos minerales, vegetales y animales, indicando las principales características de las materias primas que se requieren para su manufactura, describiéndolos de proceso de fabricación.

La producción de pinturas naturales quiere contribuir a la economía de los hogares económicamente vulnerables mediante la reducción de costos en compra y venta de productos, mitigar la contaminación ambiental y maximizar el uso eficiente de energía.

1.1 El estado del arte

Los grandes avances sostenibles en este siglo XXI, se da al pensar sobre la protección y cuidado de ambiente natural y construido para la preservación de los seres que habitan en esta tierra, una de ellas es la no contaminación con el uso de materiales naturales, ecológicos y/o sustentables/ sostenibles.

Preservar la vida de los seres es importante, pero también preservar la vida de la Madre Tierra es de vital importancia, porque es considerada otro ser importante "donde todo tiene vida"[1] en el mundo indígena, que es poseedora de 4 principios de vida:

Principio 1: La Ciclicidad comprendida como que todo en la vida va transformándose (produce, reproduce, se cría y transforma) según el tiempo y espacio, donde todos tienen vida los seres tanto micro cósmicos y macro cósmicos de la tierra y conviven en el máximo del respeto mutuo.

Principio 2: La Reciprocidad comprende el respeto a la existencia de cada ser y su responsabilidad de existencia con la vida misma, cada ser tiene una responsabilidad de compartir su energía que posee y dotarla hacia el otro por diversas circunstancias y maneras, para que luego fluya, se fortalezca y equilibre constantemente la Madre Tierra

Principio 3: La Paridad Complementaria comprende las relaciones y convivencia de respeto a la vida en unidad complementaria bajo el reconocimiento de lo femenino y masculino que fungen de articuladores y conectores de energía constante entre todos los seres.

Principios 4: El Equilibrio comprende el balance constante de las energías positivas y negativas de la Madre Tierra

El cumplimiento de estos principios ayuda a entender que la vida es buena.

1.2 Objetivos

El objetivo general es elaborar pinturas naturales de manera orgánica con materiales de procedencia mineral, animal y vegetal promoviendo el cuidado de la Madre Tierra con el uso artesanal para hogares principalmente de escasos recursos.

Los objetivos específicos son:

- Describir los materiales que se utilizan para la fabricación de las pinturas naturales
- Interpretar las relaciones de consumo energético sostenible en su fabricación de las pinturas naturales.
- Definir y caracterizar el proceso de fabricación de las pinturas naturales según el ámbito geográfico en tiempo y espacio de la Madre Tierra.

2. PREMISAS CONCEPTUALES

2.1 Uso de energía mínima

La Madre Tierra tiene una gran cantidad de energía en dos dimensiones desde la dualidad complementaria expresada en lo tangible y lo intangible (tabla 1)

Tabla 1. Energías de la Madre Tierra

Presencia de la energía tangible		Presencia de la energía intangible	
Femenino	**Masculino**	**Positivo**	**Negativo**
Tierra	Limones	Amor	Impaciencia
Cal	Sal	Voluntad/ fuerza física	Desgano
Agua	Penca	Cariño	Cansancio

El uso de energía mínima va en la aplicación de estos elementos en estado de materia prima sin transformación por la incorporación de otros elementos que incrementan el gasto energético como ser la energía eléctrica, los combustibles, etc. y nos preguntamos ¿por qué usar la energía en menor cantidad? busca fortalecer el desequilibrio que puede generar en su proceso de fabricación, al ser fabricado de manera artesanal el uso de energía es mínima por que no se usada maquinarias que consumen energía eléctrica, sino principalmente la energía humana que es de renovación constante y sostenible.

2.2 Pintura

La pintura es la expresión máxima de la identidad que tiene los pueblos indígenas muchas veces preparadas por ellos mismos, expresando los sentimientos y gustos de las personas, la pinturas tienen características de mostrar el color que en este caso derivados de la arcilla, rocas minerales, tierras tratadas, etc. aplicando diversidad de técnicas propias.

Existen una infinidad de definiciones de pintura pero desde los pueblos indígenas se conoce que la pintura es una representación que ayuda a comprender la identidad.

Algunos monocromáticos pintados con óxidos de hierro naturales, ocre o rojo, se usa con cal, carbón vegetal, ocres amarillos, rojo y tierra verde (ocre verde). Hasta la fecha ya existe una infinidad de fabricación como las pinturas biodegradables y el uso de elementos naturales para elaborar pigmentos resulta ser durable.

2.3 Fabricación artesanal

En la actualidad la fabricación de la pintura natural ya están insertadas en la industria con tecnología avanzada como es en países desarrollados. En Latinoamérica aún permanece la pobreza cuando se evidencia que existen comunidades indígenas alejadas de las ciudades con difíciles accesos y las distancias generan que los materiales fabricados por industrias sus precios se duplican al llegar a las comunidades distantes, lo cual no permite la compra de pigmentos con precios asequibles. Para esto se realiza la importancia de la fabricación artesanal con materiales del lugar que es de amplia necesidad por sustituir gastos innecesarios, sabiendo que la materia prima está presente en el lugar.

2.4 Pigmentos/ Engobes

El pigmento es uno de los elementos importantes para la creación de variedad de colores, estos pigmentos puede ser a base de arcillas con las que se obtiene los engobes, también puede ser a base de tierras saturadas de color encontradas en diferentes betas de las montañas o lugares arcillosos.

3. METODOLOGÍA: EXPERIEMENTAL CON HABITANTES DEL LUGAR Y PUEBLOS INDÍGENAS

La investigación de las pinturas naturales es a partir de la experimentación en situ en diferentes pisos geográficos de distintos países como ser Argentina (Formosa), Perú (Cuzco) y Bolivia (salar de Uyuni- Murumuntani) para saber su efectividad en su fabricación.

El uso eficiente del consumo energético de los materiales, tanto en su producción como insumos de materia prima, su fabricación de pintura natural y su aplicación, se ha trabajado con la sabiduría local de los habitantes del lugar y en algunos casos de los pueblos indígenas como es de Murumuntani, Cuzco, Formosa.

Se realizó la búsqueda de materia prima del lugar; tierras, arcillas, pigmentos engobes, los ligantes o fijadores se intercambió los conocimientos desde la experiencia compartida con la comunidad y se realizó en situ pruebas experimentales.

La investigación experimental se realiza desde el principio de “trabajo comunitario participando” con niños, jóvenes, adultos ancianos y conocedores de los materiales.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN. LAS PINTURAS NATURALES CON MINERALES, VEGETALES Y ANIMALES

4.1. Recursos materiales para la fabricación

La fabricación manera artesanal los insumos materiales debe ser según los lugares geográficos que habitan las comunidades, barrios, etc. durante la investigación se realizó en tres lugares distintos, Argentina (Formosa), Perú (Cuzco) y Bolivia (salar de Uyuni-Murumuntani).

Los materiales a utilizar son:

Cal viva: materia prima elemental que se utiliza para la fabricación de los ligantes, fijadores y disolventes de los pigmentos.

Limón: acido que ayuda al proceso de fermentación y disolución.

Sal (NaCl): ayuda a generar la fijación del pigmento

Pigmentos: colorantes extraídos de las tierras simples o betas pigmentas con proceso de selección mediante el tamizado en seco y húmedo., también se procede a la búsqueda de arcillas con componentes de óxidos denominados engobes.

Diversidad de pencas: funciona como fijadores que da resistencia en su proceso de uso que sirve para dar durabilidad al pigmento.

Cola de carpintero: obtención de los zapatos o cuero de las vacas que estos sirven de ligantes.

Todos estos materiales en los tres lugares de estudio solo se encontraban algunos en el lugar (tabla 2).

Tabla 2. Materiales disponibles

BOLIVIA	PERÚ	ARGENTINA
cal viva: es más fuerte su agua que se obtiene	cal viva: no se encuentra cal viva sino apagada la cual pierde su fuerza en su proceso de extracción del agua	cal viva: de igual manera por la lugar solo se encontró cal apagada y su resistencia sin embargo fue mayor porque el lugar geográfico
limón	limón	limón
sal	sal	sal
pigmentos de tierra	pigmentos de tierra	pigmentos de tierra
pigmentos de arcilla	pigmentos de arcilla	pigmentos de arcilla
cola de carpintero	cola de carpintero	cola de carpintero
penca	penca	penca

4.2. Uso efectivo de consumo energético

Al aplicar los principios de la Madre Tierra se conoce que la energía viene de calidad sostenible y sustentable de los seres, siempre y cuando sea manejada adecuadamente, responsable y equilibrada.

En los distintos países la energía tangible se utilizaba con materiales del lugar y la intangible desde un trabajo comunitario de las personas como se muestra (tabla 3).

Tabla 3. Explicación de energía tangible e intangible de uno de los insumos a utilizar

ENERGIA TANGIBLE		ENERGIA INTANGIBLE	
Energía	**Comportamiento**	**Energía**	**Comportamiento**
Cal viva	Su proceso de fabricación se lo realiza en miles de años con energía propia de la Madre Tierra. Durante su proceso de trasformación en cal apagada se utiliza el agua de calidad energética fuerte que posee	La voluntad	Jóvenes muchos se han fijado sus realidades y están felices.

4.3. El proceso de fabricación

La fabricación primeramente se lo realiza en dos etapas, preparación de la materia prima y preparación de la pintura

ETAPA 1: Preparación de la materia prima

Paso 1. Solicitud de permiso a la Pachamama por medio de un ritual para brindar sus energías, en la búsqueda de los tres elementos importantes; mineral, vegetal y animal.

Mineral: buscar en el lugar tierras y pigmentos para realizar las pruebas respectivas, de decantación así midiendo la calidad, cantidad y color que debe contener. Si se ensaya de la tierra colocar en un envase agua y tierra con una dosificación de 1:3 (una de tierra y 3 de agua) dejar reposar 4 horas posteriormente identificar las características de la tierra.

Posteriormente buscar diversidad de pigmentos que se puede encontrar en el lugar y realizar las pruebas de la siguiente manera; Verificar las diversos pigmentos en la beta con la palma de la mano viendo y sintiendo la calidad del color, su textura se verifica previo molido y tamizado (figura 1 y 2), posteriormente la realización de otra prueba con agua con una dosificación 1:3 (una de pigmento y tres de agua) dejar reposar 5 minutos para verificar su calidad de color por medio de la cantidad de saturación del color en el agua, si este al cabo de 5 minutos de decanta no sirve y si se sostiene en el agua en un 50% del color puede ser que tenga un pigmento que sirve.

Figura 1: tamizado en seco del pigmento/ engobe

Figura 2: Molido de manera artesanal de pigmento/ engobe

Otro materia prima es la cal viva, buscar en el lugar su existencia caso contrario proceder a la compra de 3 kilos para su preparado. La forma de preparación es 3 kilos de cal viva y 9 litro de agua, remover y colocar limón para su fermentación 2 noches una vez decantado extraer el agua de la parte superior en botellas desechables guardar en lugar fresco (figura 3) y posteriormente la cal que contiene en la fuente dividir en tres partes para seleccionar, una tercera parte sirve de pintura tamizada blanca (figura 4) otra tercera parte sirve para diseñar texturas en los muros, por último la otra tercera parte es la más rugosa que sirve para trabajar como mortero en sectores de fisuras de viviendas viejas.

Figura 3: Separación en un recipiente cerrado el líquido fabricado a base de cal, limón y sal

Figura 4: Tamizado en liquido del pigmento cal (solo 1/8va parte del preparado es usable como pigmento)

Vegetal: La penca, tuna, sábila, etc. todo vegetal que genere ligamento (mucosa) sirve de fijador, la prueba de verificación de su calidad es por medio de la extracción de la mucosa, para esto se parte en trozos pequeños dejar reposar una noche con agua la dosificación es 1:3 (Un cubo de vegetales trozados y tres cubos de agua), concluido el reposos extractivo ver que el agua tiene bastante mucosa con la verificación de los dedos.

Animal: Buscar zapatos o cuero de vaca luego proceder a su extracción de su goma pegante por medio de la cocción de los mismos en agua, hasta obtener un líquido espeso, luego dejar reposar durante 5 horas para obtener el pegamento (conocido comúnmente como cola de carpintero), se puede guardar secándolo mucho más hasta obtener pedazos bastante duros, luego guardar en lugar seco y fresco, posteriormente utilizar para futuras fabricaciones de pintura.

También es necesario buscar o comprar sal que nos sirve de fijador.

ETAPA 2: Preparación de la pintura

Paso 1: se pide permiso a la Pachamama con música y ritual en el lugar

Paso 2: se coloca las materias primas en embaces respectivos (agua de cal, tierras, pigmentos, agua de penca, sal, agua de patas de vaca), buscar envases diversos para preparar los colores base, según el color encontrado, si estamos preparando 3 o 4 personas cada uno debe tener un envase respectivo para preparar el color con las medidas que se explica en el paso 3.

Paso 3: la preparación de prueba es la siguiente:

- 10 ml de cal viva
- 10 ml de agua de patas de vaca
- 10 ml de agua de penca
- 100 gramos de pigmento
- Una cucharilla de sal

Mezclar bien

Paso 4: Probar con pincel en el muro (figura 5) dejar secar por una hora luego probar con la mano si este despinta o no, hacer varias pruebas (pintura que no se despinte) colocando mucosa vegetal y cola de, hasta obtener la pintura adecuada que no se despinta, luego proceder al uso de mismo en diversas maneras.

Figura 5: Pruebas en situ de los distintos colores obtenidos durante la fabricación

5. **RESULTADOS Y MEDIOS DE VERIFICACIÓN**

Los resultados que se obtienen se pueden ver en la figura 6, a seguir.

Figura 6: Una vez fabricado los colores se proceden a la aplicación en situ, como se muestra en la foto a, b, c y d, previo diseño que muestre su identidad del lugar

Difusión de los resultados

Como se ha mencionado líneas arriba la fabricación de pinturas naturales se las comparte dentro la comunidad con otras familias y con otras comunidades para su uso, transmitiendo el aprendizaje obtenido durante la preparación de los mismos.

5. CONCLUSIONES

La conclusión alcanzada hasta la fecha es que la fabricación en diferentes pisos ecológicos varía en su proceso por la búsqueda de materias primas del lugar, la dedicación del tiempo necesario hasta su obtención de las pinturas naturales. Así mismo que la reducción de los costos ayuda en la economía familiar de los hogares con escasos recursos y por último construye trabajos comunitarios y equilibra la energía de la naturaleza reduciendo la contaminación ambiental.

Destaques

Chura Valdemar (2006) Amauta[2] que compartió su conocimiento en tierras y energía espiritual de la comunidad de Chacarapi, departamento de La Paz- Bolivia. El aporte que brindo en esta investigación es compartir su aprendizaje mediante la enseñanza del saber entender vivir, convivir e interpretar la selección de las materias primas fruto de la madre tierra.

Schmidt Colque Carlos Vladimir (2007) arquitecto de profesión, con amplia experiencia de manejo energético material e inmaterial. En esta investigación ayudo a comprender que la relación energética ente lo material (pinturas naturales) e inmaterial (quien los fabrica) van fluyendo a partir de un ritual como integrador y articulador entre los Seres y la Madre Tierra.

Rocha Enrique (2007) Ingeniero Agrónomo de profesión, pero de estilo de vida investigador andino con más de 35 años de experiencia, compartió su sabiduría con la descripción de las energías de la Madre Tierra en la fabricación de la pintura natural.

Milla Villena Carlos (2008) Arquitecto, arqueólogo y astrónomo peruano de profesión con40 años de experiencia en investigación de la cultura andina, colaboro y aporto con su experiencia en el manejo energético e interpretación de los colores durante el proceso de fabricación de las pinturas naturales en cada territorio, como identidad del lugar.

Notas

[1] Todo tiene vida: en el mundo indígena todos los seres tienen vida, las montañas, los ríos, mares, el viento, el sol, la lluvia, las plantas, animales, las personas, el fuego, las piedras, el agua, los árboles, etc. porque sienten y emiten energía constantemente

[2] Amauta: palabra quechua que significa persona sabia de su comunidad fruto de la experiencia vivida y convivida con los seres de la madre tierra.

Currículo

Irma Quiroz Quinteros. Me considero mujer de tierra y sencilla, de profesión arquitecta, trabajo con comunidades indígenas en el mejoramiento de viviendas y también en sectores urbanos desde una Fundación denominada PROCASHA capacitando a mujeres para ser maestras constructoras, docente de Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, asignatura Critica arquitectónica, investigo desde hace 6 años las pinturas naturales porque creo firmemente que las soluciones a problemas habitacionales está en nuestras manos.

A LEVEZA DAS HABITAÇÕES MODULARES FEITAS DE BAMBU E TERRA CRUA: TÉCNICAS E MÉTODOS

José Luiz Mendes Ripper, João Victor Correia de Melo, Lucas Alves Ripper

Laboratório de Investigação em Livre Desenho – Departamento de Artes e Design – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - R. Marquês de São Vicente, 225, Rio de Janeiro, Brasil - jvictor@puc-rio.br, lucasripper@yahoo.com.br

Palavras Chave: Habitações leves, fibrobarro, bambu, construções adaptáveis, interações.

Resumo

Este artigo visa divulgar alguns aspectos da investigação e métodos construtivos de estruturas leves autoportantes, feitas de bambus amarrados, terra crua e fibras naturais, desenvolvida pelo Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD – da PUC-Rio. A pesquisa, na parte estrutural, é baseada em técnicas milenares utilizadas e aplicadas por povos nômades, que se caracterizam pelas facilidades na montagem, desmontagem e mobilidade. As arquiteturas de terra que ainda hoje são utilizadas em todo o mundo e, particularmente, no passado colonial latino-americano, vem servindo de base para o estudo das vedações dos objetos da pesquisa o que permite aos mesmos alto fator de adaptabilidade ao meio e ao usuário.

Inicialmente é mostrado o método da pesquisa, e seus desmembramentos na área de design, arquitetura e engenharia, apresentando as formas gerais dos objetos que vem sendo conseguidos e como eles são normalmente obtidos, e estão em constante transformação, por meio da observação das interações dos experimentos de laboratório (eletrônicos, miniaturas ou em escala de uso) a partir de eventos naturais provocados e controlados – como, por exemplo, a manipulação de bolhas de sabão.

Uma das intenções quando da realização desses experimentos é a incorporação do principio da desmaterialização do objeto, com utilização de menor quantidade de materiais em sua construção, mas preservando o conforto e usabilidade do seu interior. Visa-se, para tal, desenvolver formas com altos índices de resistência devido à conjugação forma/material. Em suma, busca-se um sistema construtivo que incorpore a adaptabilidade, viabilizada em sua construção por meio de práticas convivenciais e trocas dialógicas dando condições para que os envolvidos tenham interesse e capacidade de realizar sua manutenção e, futuramente, sintam-se empoderados para realizar novas construções de maneira autônoma.

Por fim apresentam-se alguns objetos que configuram espaços experimentais de área variada, feita de técnicas e materiais desenvolvidos na pesquisa, com condições de adaptação a variadas situações climáticas e sociais.

1. INTRODUÇÃO

Nos seus cerca de trinta anos o LILD – Laboratório de Investigação em Livre Desenho – PUC-Rio, antigo LOTDP, e seu novo parceiro o LASE – Laboratório de Sistemas Estruturais – EEUFMG, vem desenvolvendo técnicas adaptadas ao bambu e a terra crua em construções úteis, populares e de baixo impacto. Esses materiais naturais, de uso corrente no mundo desde tempos remotos, vêm sendo aplicados nas mais diversas culturas seguindo objetivos e modalidades variadas. Nota-se no ocidente uma tendência a incorpora-los às técnicas industriais vigentes e beneficiá-los como os materiais padronizados presentes na lógica de produção seriada. Com isso as potências particulares desses materiais da natureza, que se apresentam praticamente prontos para o uso, não são utilizadas. Assim esses materiais, uma vez padronizados, passam a ser vistos/entendidos sempre da mesma maneira, não se oferecem mais ao desvelamento de suas potências infindáveis. No entanto encontram-se alguns nichos de aplicação e pesquisa que, do ponto de vista ecológico e da ciência, trata com “bons modos” esses materiais.

Mostra-se a seguir, alguns objetos resultantes de pesquisa técnica que vem sendo experimentados no Sudeste brasileiro - produtos de pesquisa sobre técnicas para utilização do bambu feita por grupo acadêmico multidisciplinar.

2. A PESQUISA: MEIO SITUACIONAL E MEIO CULTURAL

O Laboratório desenvolve técnicas apropriadas para construções leves móveis e de baixo custo energético. As construções resultam da combinação de elementos chamados de unidades de jogo (Moreira & Ripper, mimeo), feitos de colmos ou fitas de bambu, fibras naturais e terra, e busca desenvolver formas com altos índices de resistência devido à conjugação forma/material. Em suma, sistemas que permitam montagem, desmontagem e remontagem, com o reaproveitamento total dos elementos utilizados e factíveis do ponto de vista econômico. São práticas convivenciais (Illich, 1976) que impõem que o objeto no estado de laboratório (meio situacional), com os princípios mecânicos prontos para serem utilizados, não está, no entanto, em condições de ser entendido e avaliado sobre suas potencialidades relacionadas às suas interações com o meio físico e social ao qual foi destinado (meio cultural). Isso só acontece quando o objeto entra em interações com esse meio. Tais interações são imprevisíveis e também surpreendentes. As pessoas do lugar interessadas no funcionamento do objeto o veem de outro ponto de vista, sendo capazes de fazer interferências positivas no mesmo ao copiá-lo no processo de passagem da técnica (Campos & Melo, 2011; Correia de Melo, Yamaki, & Ripper, 2012; Ripper, Lazaroni, & Souza, 2012).

Outro ponto importante refere-se à obtenção das formas que se utiliza na pesquisa do LILD: procura-se sempre observar o continuum informacional que é dado pela natureza (Correia de Melo, Ripper, & Yamaki, 2012). Em conjunto com o pesquisador, ou à revelia deste, a natureza faz suas formas. O que o homem tenta parametrizar essas formações de modo a reproduzi-las dentro de suas capacidades técnicas.

No entanto, na maior parte dos casos, após encontrar, mesmo que parcialmente, alguns desses parâmetros, o homem volta-se a eles como verdades irrefutáveis. Isso engessa a técnica, limitando as possibilidades do trabalho conjunto com a natureza.

Por isso, no laboratório, procura-se ao máximo que o pesquisador seja despido dos pré-conceitos técnicos através da experimentação prática em objetos colocados em realidade concreta – modelos reduzidos, modelos em escala real e objetos experimentais em estado de uso (Ripper & Moreira, 2004; Campos & Melo, 2011; Correia de Melo, Ripper, & Yamaki, 2012; Ripper, Campos, & Correia de Melo, 2012). Essa prática é ainda mais impulsionada quando a experimentação se dá com elementos que apresentam formação natural, como é o caso das bolhas de sabão e modelos funiculares (Otto & Rasch, 1995).

Vale lembrar que essa metodologia é fruto do processo de trabalho – sujeito ao desenvolvimento técnico e ao constante aprendizado com as formações naturais – e como tal, está em continua transformação. Ela vem se mostrando bastante efetiva, e, além do LILD, está sendo aplicado com sucesso no LASE – Laboratório de Sistemas Estruturais – do Departamento de Engenharia de Estruturas da EEUFMG (Moreira, Ripper, & Caliman, 2010).

3. OBJETOS EM MEIO CULTURAL

Atualmente, está se viabilizando com as técnicas em desenvolvimento vários tipos de estruturas autoportantes de bambu experimentais, que podem servir a edificações multiuso tais como: sala de aula, sala de reunião, sala de leitura, biblioteca, espaços de exposição para eventos, oficina, restaurante, e outros. Para uma melhor exemplificação, apresenta-se a seguir alguns desses objetos oriundos da pesquisa do laboratório e em uso no meio cultural.

3.1. Autotensionadas

Os objetos menores, em geral, ensinam melhor o que eles são em comparação àqueles maiores e aos bem maiores que nós. Isso se deve muito às relações entre o homem e o objeto: em relação aos menores somos gigantes, dominamos o mesmo; enquanto em relação aos grandes, somos dominados por eles. A tenda tensegrity – projeto de graduação do designer Mário Seixas, PUC-Rio 2011 – (figura 1) feita para uma feira livre de produtos naturais, mostra mais uma vez a versatilidade, a eficiência, leveza e simplicidade mecânica deste tipo de estrutura, praticamente desconhecida nas instituições de ensino e pesquisa e também pelos profissionais que lidam com os objetos da obra humana.

Por ocasião da feira de produtos orgânicos em São Paulo, foi montada pela empresa Bambutec (parceira do LILD, dedicada ao design e locação de estruturas de apoio para eventos) uma estrutura em tensegrity feita de colmos de bambus e cabos sintéticos servindo de estande de apresentação comercial. A conjugação dos elementos rígidos com a rede de cabos foi especialmente estudada para permitir os tempos de montagem disponíveis no evento, cerca de 12 horas de trabalho, com quatro montadores especializados. Nesse sentido, os planos de montagem devem ser continuamente otimizados e estas estruturas autoportantes vêm se mostrando bastante adequadas para esses fins. Também foi feita uma análise estrutural do objeto, que, portanto, representa a intensa parceria no desenvolvimento de objetos entre o LILD, o LASE e a Bambutec (Moreira, Ripper, & Caliman, 2010).

3.2. Estande de exposição – Domo Tensegrity

Por volta do ano 2000, um trabalho de mestrado em Artes & Design (PUC-Rio) realizou uma estrutura dômica, feita de bambu do tipo Philostachys aurea e inscrita em um hemisfério aproximado de 8 metros de diâmetro por 3,8 metros de altura. O objetivo foi criar uma sala totalmente escura que deveria ser montada e estacionada em varias localidades do Rio de Janeiro, para realizar certos experimentos públicos.

Graças a essa oportunidade pôde-se conhecer as possibilidades práticas desse tipo de estrutura: rapidez e facilidade de montagem (cerca de 3 horas), desmontagem e estocagem; transporte em veículos simples (carro popular) com rack. Nesse tipo de tensegrity cada bambu tem o seu cabo anexado, de modo semelhante ao do arco e flexa. A membrana de cobertura é pendurada e esticada na estrutura dômica. (Leite, 2003).

3.3. Sombrinha

Por volta de 2003, buscava-se uma cobertura para as estruturas dos domos geodésicos de bambu em aperfeiçoamento no Laboratório, pois, nesse momento, passava-se a considerar esses objetos como núcleos de resistência e não apenas como a forma emblemática considerada socialmente. Um dos objetos observados para tal fim foram as milenares sombrinhas chinesas – feitas de bambu e papel de arroz – que vinculadas ao domus, cobririam o espaço definido. As sombrinhas chamaram atenção por sua delicadeza, simplicidade estrutural e funcionalidade. A facilidade de acoplamento no domus foi demonstrada ao se fixar um guarda-chuva no modelo feito sob medida. Após alguns estudos em modelos reduzidos e determinação da modelagem do tecido empregado foram feitos três objetos experimentais com cinco e seis gomos. Esses modelos, em condições de uso, utilizavam colmos de bambu como hastes, junta central de aço e membrana de tecido de algodão (figura 1).

As sombrinhas foram instaladas no jardim do campus da PUC-Rio, paradas no ar por meio de cabos tensores fixados nas árvores, testando-se, então, suas condições de usabilidade e comportamento aerodinâmico. Permanecendo no local por alguns meses, a sombrinha resistiu a ventos fortes e, devido as suas condições de ancoragem, movimentava-se com o vento na vertical (de cima para baixo) em deslocamentos violentos sem afetar sua estrutura (Ripper & Moreira, 2006).

Figura 1 – Auto tensionadas (Fonte: Mario Seixas - Projeto de Graduação em Design - PUC Rio, 2001 e Bambutec – Rio de Janeiro), domo Tensegrity e sombrinhas de bambu

3.4. Cúpula catenária de fibrobarro

Trata-se de uma cabine que partiu da necessidade de ocupar os espaços de trabalho com objetos que sintetizem a função atual dos cômodos emparedados (figura 2). Para tanto se imaginou módulos soltos no ambiente que exerçam funções distintas que necessitem estar em isolamento como: concentração no trabalho, dormitório, espaço para meditação, estudo e conversa. À forma que conduziu a esta cabine foi estabelecida em um experimento de curvas catenárias que levaram a uma casca autoportante de fibrobarro revestido com resina de origem vegetal (Paes Leme & Ripper, 2008). Posteriormente foi realizado um segundo experimento com uma ossatura de bambu armando a camada de cerca de um centímetro de espessura de fibrobarro (Alvares, 2008). Ambos os experimentos, após o uso em meio situacional (em laboratório) mostraram-se idôneos.

3.5. Capela de Andrelândia - Núcleo estrutural

Esse objeto (figura 2) foi a primeira aplicação no meio cultural de um domo de bambu amarrado com juntas em “giro” sendo usado como um núcleo estrutural (Ripper et al, 2013). A partir da geodésica são apoiados nos nós estruturais acréscimos laterais que geram beirais em forma de paraboloides hiperbólicos cobertos com terra crua pela técnica de taipa de mão. Sete anos após sua primeira montagem, foi necessária uma manutenção na cobertura de sapê. Optou-se, então, por uma substituição total da estrutura de bambu.

3.6. Domo de base quadrada de Yvy Porã

Esse objeto (figura 2), montado em 2009 na Estação de Permacultura de Yvy Porã localizada em São Pedro d’Alcântara em Santa Catarina, tem sua origem no estudo das bolhas de sabão. Estas indicaram a possibilidade geométrica da geração de uma forma baseada na geodésica, porém, com base quadrada a ser montada através de técnicas convivenciais e tecnologias acessíveis com materiais e mão de obra localmente disponíveis. O objeto serviu como cobertura de uma oficina experimental, sendo construído com bambus amarrados por cordas e revestidos de fibrobarro sobre um muro pré-existente de tijolos queimados apoiados em um alicerce de terra ensacada (super-adobe) (Campos & Melo,

2011). Esse objeto após certo tempo em uso sofreu um colapso devido à infiltração de agua no alicerce, o que fez o muro se deslocar derrubando o objeto apoiado.

Figura 2 - Capela de Andrelândia externa e interna, cúpula catenária de fibrobarro e domo de Yvy Porã

3.7. Tenda de bambu e membrana – uma caminhada pelo método em Design

Em meados de 2007, por motivo de mudança interna do estabelecimento do Laboratório, a estrutura em treliça espacial de elementos tubulares de aço que continha o LILD foi desmontada e remontada em outro local, ainda dentro da PUC-Rio. Restou projetar a sua cobertura dos patamares superiores e vedações para atender a nova configuração tomada pela remontagem da treliça espacial, que ficou como uma pirâmide truncada e invertida com 10 metros em sua base e 17,5 metros em seu plano superior. No caso da cobertura, uma tenda de bambu e lona plástica deveria ser instalada no plano superior da treliça espacial.

Nas investigações sobre a forma da cobertura, utilizaram-se experimentos com redes penduradas e funiculares, e com bolhas de sabão, com foco principal nas últimas. Estas foram sopradas em superfícies planas e induzidas pelos investigadores a obedecer a certos parâmetros estabelecidos como perímetros, alturas e outros. Logo ficaram estabelecidos os limites da forma, perímetro do plano superior e buraco central para ventilação e iluminação. A bolha de sabão conduzida por esses parâmetros, determinou um semi-toro de base quadrada com as curvaturas da superfície determinada pela superfície mínima da mesma. Baseado nessa forma foi feito um grande modelo com estrutura triangulada de bambu.

Na observação desse modelo, algo parecia faltar ou tinha de sobra: eram os bambus excessivos na estrutura, tornando-a densa – 96 peças com seis tamanhos diferentes. Naquele momento, os bambus destinados à cobertura estavam em pé alinhados em fila, todos com 6 metros de altura, na grande parede da quadra esportiva que se ocupava provisoriamente. Nesse momento surgiu a pergunta: “porque corta-los? Porque não usa-los assim?”. Dispensou-se o modelo pacientemente feito, e, modificando-se a geometria geral, os grandes bambus de 6 metros foram utilizados íntegros, ordenados segundo as linhas gerais da forma que a bolha apresentava, reduzindo os elementos da estrutura a 36 peças iguais de 6 metros de comprimento amarradas entre si, em suas extremidades, em “giro” (Ripper, Campos, & Correia de Melo, 2012) (figura 3).

Figura 31 – Tenda de bambu e membrana têxtil - Cobertura do novo LILD

3.8. Tunis

Por ocasião da Semana do Meio Ambiente, em Junho de 2011, foi montada uma construção ligeira e temporária, denominada “Tunis” (figura 4). Tal construção teve um duplo objetivo: servir como um espaço de exposição dos trabalhos do Laboratório e como um dispositivo para avaliar o comportamento mecânico e a forma que seria gerada quando uma rede de cabos coberta com “fibrobarro” fosse tensionada (Ripper, Lazaroni, & Souza, 2012).

O relaxamento, mesmo mínimo dos cabos, provocou na casca de fibrobarro discretas deformações, não a ponto de abrir fissuras, mas de modificar os estados que garantem o funcionamento adequado do material. No entanto, acredita-se que esse comportamento deve-se a natureza do cabo, necessitando mais experimentos acerca do assunto.

4. Objetos em meio situacional

Nesse tópico são apresentados alguns objetos que estão em fase de experimentação no meio situacional, ou seja, no laboratório. Estão sendo desenvolvidos os aspectos técnicos, matemáticos e mecânicos de acordo com necessidades preestabelecidas, que, posteriormente, quando acionadas pelo meio cultural retornarão informações mais precisas sobre o seu real funcionamento.

4.1. Bubble Hall

A sala bolha surgiu em proposta do laboratório, aprovada pela direção da PUC-Rio, sobre o descobrimento e experimentação de espaços não convencionais de ensino. Está, assim, em fase de andamento, a execução de uma sala baseada na forma de uma singular bolha de sabão que nasce a partir de uma base retangular.

A aproximação à geometria da bolha é conseguida por meio de diversos experimentos que utilizam técnicas eletrônicas e artesanais para a obtenção de um grid de fitas de bambu que discretizam a forma de tal bolha.

Uma estrutura piloto de bambu foi experimentada quando da realização de um evento da Rio+20 – conferência da ONU sobre desenvolvimento sustentável – onde o a mesma foi utilizada para a exposição dos trabalhos do laboratório e da rede mundial do bambu e rattan, o INBAR (figura 5).

O próximo passo é o término da sala com a vedação da estrutura feita de finas lâminas de fibrobarro. Os experimentos do novo espaço serão por meio de uma série de aulas a serem programadas (Correia de Melo et al, 2013).

Figura 42 – Tunis (fonte: LILD e Bambutec – Rio de Janeiro)

Figura 53 - Bubble hall na Rio +20 e otimizações previstas

4.2. Icosaedro de mastros

Durante vários anos a pesquisa esteve focada no domo geodésico de frequência dois. Tal domo é uma derivação de um sólido platônico – o icosaedro – proposta por Fuller, de modo que mais pontos sejam projetados na esfera, aproximando a geometria da treliça à desta. Para cada domo 2V (como é chamado o icosaedro de frequência dois) são necessárias 55 barras de dois tamanhos diferentes. No entanto, nos últimos anos, vem se percebendo que as potencialidades estruturais do bambu, como material que nos é dado pela natureza praticamente pronto, são reduzidas na medida em que se cortam os colmos: o ideal é usá-los o mais comprido possível. Desse modo, as atenções voltam-se ao icosaedro, que para montá-lo próximo da semiesfera, necessita de apenas 25 barras de tamanhos iguais (figura 6).

Portanto, nesse momento, pretende-se confeccionar um icosaedro com o maior tamanho de barra de bambu possível. No entanto, quanto maior a barra, maior a flexão, e um modo de resolver essa desvantagem é a transformação das mesmas em mastros auto tensionados (Moreira, Castro, & Ripper, 2004). Observando esses mastros percebe-se que a cruzeta usada para armá-los projeta alguns pontos fora da estrutura. Dessa forma, percebe-se que esses pontos da cruzeta podem ser os pontos da geodésica 2V que são projetados na esfera. Assim, monta-se uma estrutura de icosaedro (1V) com a cobertura referente a um domo 2V (Ripper et al, 2013).

Assim como a sala bolha, essa geometria permite a confecção de uma cobertura de dupla camada, onde a de fora é composta por um laminado impermeável, e a de dentro por uma fina casca de fibrobarro, permitindo um maior conforto ambiental.

O próximo passo é a aplicação dessa geometria no meio cultural, o que provavelmente ocorrerá na cidade de Tiradentes-MG, onde um convênio entre a universidade e a prefeitura foi firmado visando à passagem da técnica para grupos locais, assim como, a construção (em conjunto) de certos espaços de convivência para tais grupos.

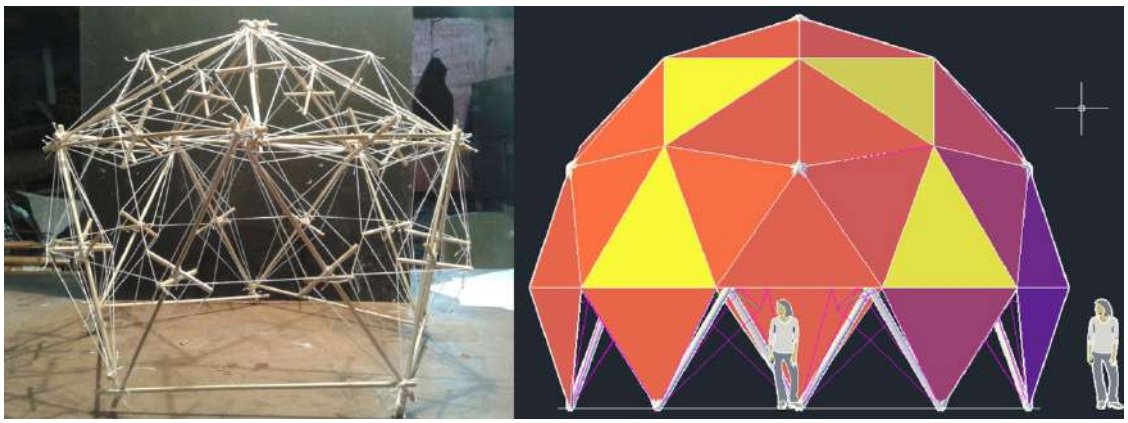


Figura 6 - Icosaedro de mastros - modelo em escala reduzida

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da história, as diversas áreas de concepção e construção dos objetos vêm sendo desmembradas e, cada vez mais, perdem o contato entre si. Dessa forma, limitam-se os olhares sobre tipologias estruturais e construtivas à apenas determinadas áreas. O design trata de pequenos objetos, a arquitetura lida com grandes construções, assim como, a engenharia industrial concretiza o primeiro, e a engenharia de estruturas, a segunda. Essa falsa linearidade cria nichos de atuação e dogmas construtivos que impedem as interações e novas abordagens sobre o objeto construído.

Por isso, propõe-se um novo olhar sobre a concepção e construção dos objetos, como pôde ser visto nos exemplos apresentados. Diferente dos métodos vigentes, que trazem a lógica da grande construção para os pequenos objetos, no LILD, subverte-se essa ordem: foca-se no pequeno buscando soluções para o grande.

Outro fato chave é que, na pesquisa do LILD, não se considera um objeto como finalizado após seu resumo matemático, ou seja, suas medidas, relações geométricas e soluções construtivas. Esse meio, o situacional, é apenas o inicio da pesquisa, pois enquanto o mesmo não for usado pela sociedade, meio cultural, ele é apenas matéria disposta, e não objeto humano em desenvolvimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, L. R. (2008). *Cúpula catenária de "fibrobarro" estruturado com bambu - Concepção e processo construtivo*. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Artes e Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

CAMPOS, D. M., & MELO, J. A. (2011). *Square-based bamboo dome based on geodesics*. IC-NOCMAT-2011 Book of Abstracts, (p. 12). Changsha, China.

CORREIA DE MELO, J. V., RIPPER, J. M., & YAMAKI, R. T. (2012). *Form finding process for bamboo structures*. World Bamboo Congress, (p. 12). Antwerp.

CORREIA DE MELO, J., RIPPER, L. A., RIPPER, J. M., & TEIXEIRA FILHO, W. (2013). *The Bubble Hal: bamboo reticular geodesic structure with the shape of a soap bubble*. Proceedings of 14th IC-NOCMAT (p. 12). João Pessoa: UFPB.

ILLICH, I. (1976). *A Convivencialidade*. Lisboa: Publicações Europa-América.

LEITE, C. T. (2003). *Estética sensorial não visual: percepção do belo háptico*. Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

MOREIRA, L. E., & RIPPER, J. M. (mimeo). *Jogo das formas: lógica do objeto natural*. Rio de Janeiro.

MOREIRA, L. E., CASTRO, U. R., & RIPPER, J. (2004). *Mastros compostos de tubos de bambu reforçados com cabos de aço*. Anais do IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, (p. 12). Cuiabá.

MOREIRA, L. E., RIPPER, J. M., & CALIMAN, F. (2010). *Estruturas autotensionadas com bambus e cabos aplicadas a coberturas aéreas*. Revista Gestão Universitária ed.305, p. 19.

OTTO, F., & RASCH, B. (1995). *Finding form: towards an architecture of the minimal*. Stuttgart: Axel Menges.

PAES LEME, F. B., & RIPPER, J. M. (2008). *Folhas de fibrosolo: um conceito construtivo de integração e baixo impacto ambiental*. Anais 8o. Congresso Brasileiro de Pesquisa em Design (p. 17). São Paulo: AEND|Brasil.

RIPPER, J. L., & MOREIRA, L. E. (2004). *Métodos de ensino de design de produtos e sua aplicação às estruturas da engenharia civil*. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, (p. 12). Brasília.

RIPPER, J. M., & MOREIRA, L. E. (2006). *Sombrinhas de bambu - domínio construtivo*. NOCMAT 2006, (p. 15). Salvador.

RIPPER, J. M., CAMPOS, D. M., & CORREIA DE MELO, J. V. (26 de Junho de 2012). *Textile-architecture structured on bamboo culms*. Key Engineering Materials vol. 517, 517, pp. 189-196.

RIPPER, J. M., LAZARONI, M. A., & SOUZA, T. d. (2012). *A utilização do fibrobarro em uma arquitetura efêmera*. Terra Brasil 2012 - IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil (p. 12). Fortaleza: Media Ware.

RIPPER, L. A., CORREIA DE MELO, J., SILVA, M. F., RIPPER, J. M., GHAVAMI, K., & MOREIRA, L. E. (2013). PUC–Rio *Bamboo domes: Origins, references and innovations on the research on non-conventional self-standing structures*. Proceedings of 14th IC-NOCMAT (p. 12). João Pessoa: UFPB.

Currículo

José Luiz Mendes Ripper. Professor Emérito da PUC-Rio, Livre Docente (PUC-Rio, 1976), Graduação em Arquitetura (UFRJ, 1958). Coordenador do Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD. Professor da Graduação e da Pós-graduação e orientador de pesquisas de iniciação científica, mestrado e doutorado em Design na PUC-Rio.

João Victor Correia de Melo. Doutorando em Design (PUC-Rio), Mestre em Design (PUC-Rio, 2011), Graduação em Desenho Industrial (EBA/UFRJ, 2007). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD, Professor do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio e Professor da CCE PUC-Rio.

Lucas Alves Ripper. Doutorando em Design (PUC-Rio), Mestre em Geografia (PUC-Rio, 2009), Graduação em Geografia (PUC-Rio, 2006). Pesquisador do Laboratório de Investigação em Livre Desenho – LILD, Professor da CCE PUC-Rio e Escola Parque.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN ÁREAS URBANAS. Propuestas para desarrollar tecnologías sociales en barrios pobres de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina

Rodolfo Rotondaro[1], Fernando Cacopardo[2], María Inés Cusán[2], Griselda Ricciardelli[1], Carlos Mañá[2], Natacha Hugón[1]

[1] Programa ARCONTI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires / CONICET - Ciudad de Buenos Aires E-mail: rodolforotondaro@gmail.com
[2] Unidad Urgencias del Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Mar del Plata / CONICET - Mar del Plata E-mail: fcacopar@mdp.edu.ar

Palabras claves:pobreza, vivienda urbana, gestión participativa, construcción con tierra

Resumen

Se presentan resultados de dos líneas de investigación y desarrollo tecnológico con base territorial, enfocadas en producir Tecnologías Sociales en el contexto de la vivienda y el hábitat de sectores habitacionales urbanos en situación de pobreza. El marco conceptual de la línea de investigación es explicado dentro del marco de la pobreza, en particular la urbana, en Argentina, característico por la diversidad de grados y situaciones así como también de respuestas y búsquedas populares para mejorar la calidad de vida, en este caso, de la vivienda. Se trabaja en cuatro barrios de las periferias de las ciudades de Buenos Aires y Mar del Plata, con la participación de actores locales, instituciones públicas, empresas privadas y ONGs. Los objetivos principales apuntan a la discusión sobre modelos de gestión y co-gestión de tecnologías para mejorar la vivienda y la calidad de vida en general, en los contextos mencionados. Como parte de los insumos y las técnicas constructivas en experimentación, se incluyen materiales, componentes y elementos constructivos diseñados a partir del empleo de suelos estabilizados, y combinaciones con elementos y materiales industrializados. Se analizan los avances obtenidos ylos problemas en distintos contextos de gestión y actuación, con diferentes grados de articulación social. Los sectores urbanos están localizados en los barrios Monte Terrabusi, Alto Camet y Nuevo Golf de la ciudad de Mar del Plata, y en los barrios Bancalari y San Martín, en el Gran Buenos Aires. Se analizan aspectos aspectos conceptuales de la articulación entre las características territoriales, las instituciones y grupos de trabajo participantes, los grados de formalización institucional, los recursos materiales disponibles y el capital social; los mecanismos de gestión y transferencia empleados o en desarrollo; las estrategias principales de la gestión. Se sintetizan los diseños, los mecanismos de cogestión institucional, y varios de los prototipos de elementos constructivos en experimentación. En las conclusiones se plantean los resultados principales de la gestión realizada, y los interrogantes vigentes en torno a la relación entre las formas de transferencia y las situaciones territoriales específicas, en el análisis de las aproximaciones desarrolladas orientadas a generar tecnologías constructivas con tierra cruda en el marco de las Tecnologías Sociales con base territorial.

1. INTRODUCCION

1.1- Marco conceptual

En este trabajo se presentan resultados parciales de una línea de investigación y desarrollo que conceptualmente se inscribe en el marco de la pobreza urbana y sus complejidades, en general, y el de la vivienda y el hábitat de la población urbana en situación de pobreza, en particular. En América Latina la pobreza se incrementó en muchas de las áreas metropolitanas en las últimas décadas, y predomina y supera a la rural, creando situaciones de marginalidad y exclusión social grave, como es el caso de Argentina, donde afecta a las ciudades grandes e intermedias (Pelli, 1994; Almansi, 1995:58-61; Kozulj, 2003:2; Stivale, 2006; Kessler; Virgilio, 2008; Cacopardo et al, 2007).La pobreza urbana en Argentina y la complejidad de sus características es preocupante y de difícil abordaje.

Algunas causas de esta pobreza se vinculan, entre otros campos, con las políticas públicas habitacionales, los cambios en el territorio, las condiciones de los servicios y la

infraestructura, los programas de vivienda y las posibilidades crediticias, entre las principales. En Argentina la crisis de los años 2001-2002 generó un rápido procesode empobrecimiento y consolidación de la pobreza estructural del país, especialmente la urbana, que llegó a cifras alarmantes: 20,8 millones de pobres en 2001: 57,7% de la población urbana bajo la línea de pobreza, 27,5% en condiciones de indigencia (INDEC, 2001, 2003). Si bien en los últimos años ha cambiado la situación laboral y económica del país, en 2008 la pobreza de la población urbana de Argentina se mantuvo en el 17,8% a finales del primer semestre de ese año. A pesar de ello, a finales del 2009 que 4,3 millones de argentinos que habitaban en zonas urbanas no alcanzaban a satisfacer sus necesidades mínimas de alimentación, salud, vivienda, educación, transporte y otros servicios básicos; 1,2 millones de personas era indigente, es decir que ni siquiera puede alimentarse adecuadamente. Según otros datos censales oficiales el índice de pobreza en 2011 (INDEC) para el país era del 22% y en el Gran Buenos Aires (Conurbano Bonaerense) del 8,4%, aunque la información de consultoras privadas estiman en 2012 que el 26% de la población estaba por debajo de la línea de pobreza. A pesar de las diferencias entre los valores e índices de los organismos públicos y los privados, tanto la pobreza estructural como la indigencia y la subocupación y precariedad laboral siguen formando parte de la realidad cotidiana de miles de familias, especialmente en las grandes ciudades del país.

Desde el abordaje teórico a los problemas que interrelacionan la vivienda, la pobreza, el déficit habitacional, la producción social del hábitat y las formas de autoconstrucción en el hábitat popular, la investigación propone un enfoque crítico sobre estas dimensiones. Este enfoque …*el que se pregunta sobre las formas de estar situados 'en el sistem', las prácticas y redes de relaciones de estos grupos sociales y sus articulaciones con el resto de la sociedad* (Cacopardo et al, 2009:242), y los de otros autores, tales como Ortecho (2007:20) y Pelli (2007:45). Ortecho, por ejemplo, considera que *lo tecnológico alternativo (…) tiene que tener rasgos que deben considerar, en lo posible, la integralidad del problema de la pobreza*. Pelli, por su parte, sitúa el problema habitacional *como un componente de bordes difusos dentro de la situación general de pobreza, cómo ésta se produce y se presenta en nuestros países latinoamericanos…* En este sentido, este autor reconoce algunos avances por parte de institutos de vivienda de los estados provinciales en cuanto a la puesta en marcha de modelos de gestión, diferentes a las formas institucionales habituales, aclarando que …*esta innovación se ha encontrado con las serias dificultades que ha tenido la institución para poner estos programas a cargo de una estructura administrativa y de personal técnico que han sido preparados y capacitados para la gestión 'tradicional'* (Pelli, 2007:89). Estas formas habituales se han caracterizado durante muchas décadas por los planes centralizados y la escasa o nula participación de los beneficiarios, sin esquemas ejecutivos que permitieran formas participativas de diferentes grados y mayor flexibilidad según los contextos locales.

La investigación se propone realizar aportes teóricos y metodológicos para definir estrategias orientadas a producir Tecnologías Sociales (Dagnino et al, 2004; Thomas, 2009) posibles dentro de territorios específicos. En el marco de estas Tecnologías Sociales, y desde el punto de vista de la tecnología constructiva existe además una propuesta basada en la incorporación de materiales alternativos a los habituales en los contextos urbanos donde se trabaja, y que podría resultar crítico desde el punto de vista de su gestión por sus características como material no convencional pero posiblemente útil por su disponibilidad y versatilidad tecnológica. Este material es la tierra cruda y en Argentina sigue vigente en el hábitat popular rural y de los pequeños asentamientos, y su recuperación es reciente.

La gestión contempla distintos acuerdos formales y no formales con instituciones y organizaciones barriales, municipios y ONGs que participan en los procesos de co-gestión de las tecnologías. En el caso de los territorios de Mar del Plata, Monte Terrabusi, Alto Camet y Nuevo Golf, en sectores periféricos casi rurales, constituyen áreas de alto índice de indigencia social y precariedad habitacional. En los tres casos sus residentes dependen del trabajo con la basura urbana, en Monte Terrabusi como recuperadores del predio, y en los otros como recolectores de alimentos, materiales y elementos para uso doméstico o para reciclar o vender.

En el caso del Gran Buenos Aires, se trabajó en el barrio Bancalari y en Loma Hermosa, San Martín, dos sectores urbanos diferentes y heterogéneos con cuanto al grado de pobreza y a la ocupación de sus residentes, pero con altos niveles de precariedad habitacional en algunas manzanas y lugares.

1.2- Objetivos y ámbitos de intervención

Los objetivos generales de la investigación son los siguientes:

a) Mejorar las estrategias de generación de tecnologías sociales en barrios con población en situación de pobreza a partir del empleo de métodos de gestión participativa y concertada;

b) Mejorar las condiciones mínimas de calidad de vida y confort ambiental en la vivienda autoproducida de barrios en situación de pobreza.

Los objetivos específicos de la línea de investigación son los siguientes:

a) Producir materiales y elementos constructivos alternativos para pisos y revoques con técnicas de construcción con tierra, basados en el uso de recursos locales disponibles y asistencia técnica externa mínima.

b) Construir y evaluar prototipos de estufas que mejoren los sistemas populares deficitarios de calefacción domiciliaria empleando paredes de adobe.

c) Realizar tareas de capacitación y transferencia para el uso de tecnología de construcción con tierra a grupos de autoconstructores beneficiarios en los barrios.

Se emplean modos de gestión orientados a mantener y mejorar la participación de pobladores locales, beneficiarios, actores institucionales de apoyo y asistencia, grupos universitarios, investigadores del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), organizaciones no gubernamentales y empresas privadas. Se comparan los resultados de gestión y de generación de tecnologías locales obtenidos en los diferentes barrios, y se evalúan y ajustan los aspectos técnicos de los prototipos, su transferencia, a fin de consolidar la gestión participativa, así también como propiciar la creación de microemprendimientos y colaborar con las organizaciones locales, fortalecer los grupos multidisciplinarios de trabajo y replicar las innovaciones constructivas que resulten posibles en cada lugar. Se desarrollan líneas de trabajo por temas tecnológicos con base territorial, a partir de los diagnósticos y los acuerdos locales. Estos acuerdos se gestionan en cada barrio según las características del capital social y del potencial para trabajar con grupos organizados que puedan replicar los modelos y prototipos. Se diseñan, construyen y estudian prototipos en base a la combinación de recursos materiales (tales como madera, suelos, vegetales, agua) y de personal de obra local, con otros industrializados o de rezago industrial (áridos).

Se logró el apoyo técnico de laboratorios de ensayos normalizados de materiales y elementos constructivos de Mar del Plata, Buenos Aires y La Plata. Los prototipos y las innovaciones técnicas empleadas en los procedimientos de nuevos materiales y elementos constructivos se evalúan, ajustan y vuelven a diseñar de acuerdo a los resultados obtenidos, con la participación de beneficiarios directos y las organizaciones de apoyo, priorizando aquellos procesos en los cuales la participación de los pobladores locales genera situaciones de empoderamiento.

Las áreas geográficas de intervención incluyen cuatro barrios: dos en el periurbano del Gran Buenos Aires, el barrio Bancalari, en Don Torcuato y el barrio Loma Hermosa, en San Martín; y tres barrios del periurbano de Mar del Plata, Monte Terrabusi, Alto Camet y Nuevo Golf. Actualmente se trabaja en estos barrios y en dependencias de la FADU-UBA y de la FAUD-UNMdP, con apoyo material y financiero del CONICET y el municipio de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires. Hay además donaciones y participación de voluntarios, ONGs interesadas y colaboradoras, y empresas públicas y privadas que destinan recursos materiales y asistencia técnica en temas de energía domiciliaria, salud y microempresas barriales.

2. DISEÑO DE GESTIÓN Y MECANISMOS DE PARTICIPACION.

El tema de la investigación vincula el contexto de la vivienda popular autoproducida de sectores urbanos en situación de pobreza, con la tecnología constructiva de tierra estabilizada como potencialmente útil para generar nuevas alternativas para el Hábitat Popular. La vivienda en cuestión es la de los sectores pobres de las periferias del Gran Buenos Aires y de Mar del Plata. Esta vivienda es, en la mayoría de los casos, deficitaria en sus aspectos materiales e inmateriales; generalmente es autoconstruida y mantenida por sus usuarios con recursos materiales y tecnológicos insuficientes. Su materialidad presenta por lo general niveles inaceptables de calidad constructiva, la ausencia de elementos necesarios, la presencia de malas praxis constructivas, y el empleo indiscriminado de materiales reciclados, entre otros. Con las características mencionadas, la población de estos sectores vive alojada en "viviendas" con problemas físico-sanitarios que afectan seriamente su calidad de vida diaria, que se suman a los demás factores que caracterizan a la situación habitacional en pobreza.

Se avanzó en el diseño y el ajuste de los modos de gestión participativa a partir de las respuestas y modificaciones al plan de trabajo en cada barrio, modos que incluyen diferentes escalas y actores participantes. En Buenos Aires se mantienen propuestas de capacitación y transferencia de tecnología en co-gestión con el centro vecinal local (Asociación Civil El Nuevo Progreso). Se realizaron convocatorias para la participación desde el centro vecinal, y talleres de capacitación práctica con tierras donadas por el municipio, con empleo de una prensa CINVA-RAM para bloques de tierra comprimida (BTC), y moldes de madera para los adobes. La gestión es posible a partir de acuerdos formalizados por un lapso de dos años con el centro vecinal y en algunos períodos la Delegación Don Torcuato Este del Municipio de Tigre. El acuerdo firmado incluye tareas de capacitación en temas específicos para el mejoramiento de la vivienda deficitaria existente en el barrio, con un soporte técnico, material y financiero compartido por los tres actores intervinientes: centro vecinal, grupo FADU-CONICET y Municipio. En el caso del prototipo de estufa de masa térmica se diseñaron y construyeron dos modelos, uno de los cuales se encuentra en proceso de evaluación en cuanto al comportamiento de los materiales, características del rendimiento energético y funcionamiento de la doble combustión, con la colaboración del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

En la ciudad de Mar del Plata se lograron avances de gestión en los barrios donde se desarrollan las pruebas piloto de mejoramiento de vivienda y las nuevas soluciones constructivas y de equipamiento productivo. Se lograron acuerdos con la Universidad Nacional de Mar del Plata y la Municipalidad de General Pueyrredón (Secretaría de Planeamiento y el Banco de Tierras), para el desarrollo de un dispositivo de autogestión de dominio de tierras. Se creó por decreto del Ejecutivo Municipal (Decreto 1240/08) la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, en asociación con la Universidad Nacional de Mar del Plata, a través del cual se aportan materiales de construcción y reconocimiento oficial a la iniciativa. Hay además acuerdos de co-gestión privada con la ONG Centro de Estudios de Acción Social (gestión de recursos y de redes de donantes); y las empresas San Arawa, Yacimiento Minera y Canteras Yaraví, SA (materiales de construcción), Empresa de Electricidad Atlántica (postes de palmera y materiales eléctricos); y otros acuerdos de gestión menos formalizados pero igualmente valiosos.

El diseño de nuevos materiales, componentes y elementos se realiza en cada contexto barrial mediante la participación y consenso de beneficiarios directos y con etapas previas en las cuales se prueban prototipos y se analizan no solamente su funcionamiento y eficiencia sino aspectos vinculados a su potencial de réplica, sus costos relativos y su aceptación social. Los ajustes de diseño y las modificaciones y nuevas iniciativas que surjen son incluidos dentro de un nuevo proceso de co-gestión y concertación, que es apoyado con talleres de información y capacitación, y propuestas para organizar microemprendimientos productivos. Para facilitar la comprensión de los modos de gestión participativa en práctica, en la siguiente Figura 1 se presenta uno de los esquemas de síntesis de la gestión en los territorios barriales de Mar del Plata, dirigidos por uno de los autores (Cacopardo).

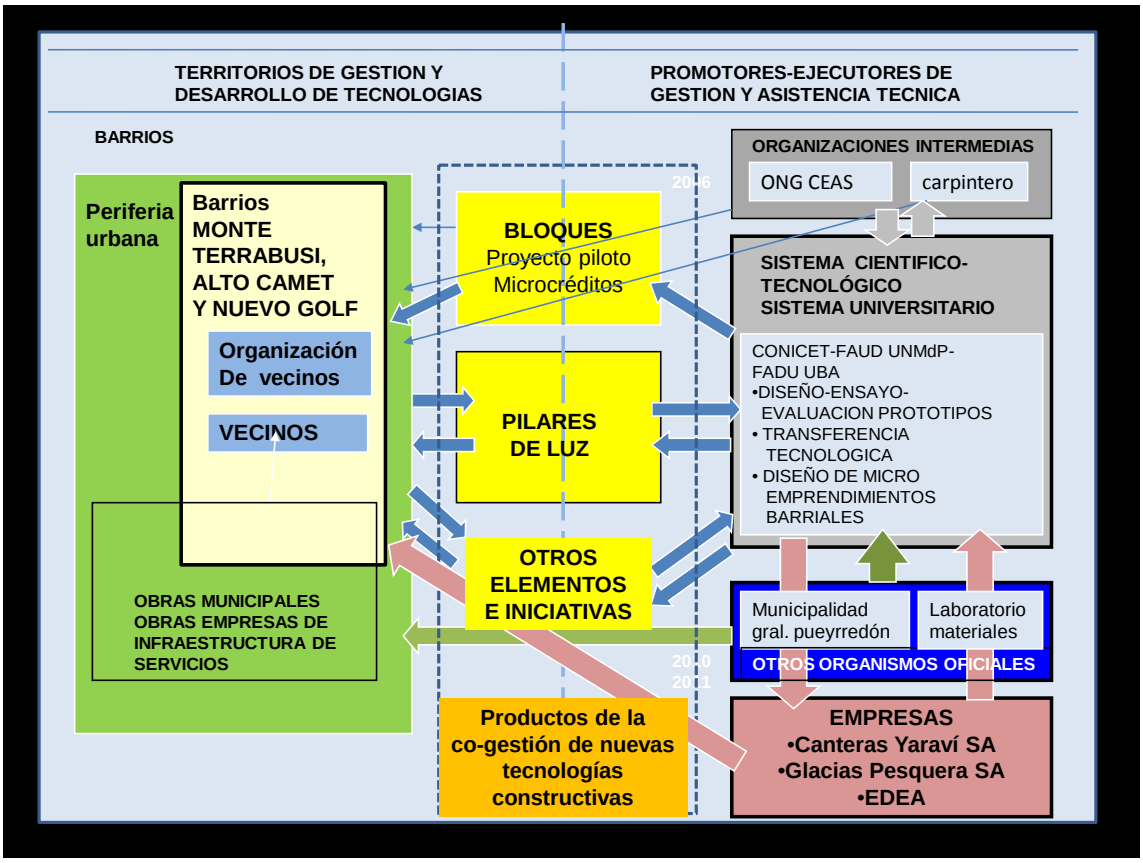


Figura 1: Esquema de gestión para la generación de tecnologías sociales en barrios de la periferia de Mar del Plata. Co-gestión entre población, organismos estatales, municipio y empresas de servicios (Autor: Cacopardo 2012).

El principal apoyo financiero para la investigación en el caso de las tecnologías orientadas al desarrollo de elementos constructivos con empleo de suelos estabilizadospara pisos, muros y revestimientos, proviene del proyecto CONICET "Tecnología y gestión participativa para mejorar la vivienda autoproducida de sectores urbanos en situación de pobreza. Materiales, componentes y elementos constructivos con tierras estabilizadas", que dirige el primero de los autores.

3. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON TIERRAS ESTABILIZADAS PARA PISOS, REVOQUES Y ESTUFAS DE MASA TERMICA.

En el barrio Bancalari y en el barrio San Martín, dentro del Conurbano Bonaerense, se construyeron y evaluaron distintos prototipos para los elementos constructivos y los sectores físicos de la vivienda existente que presentan patologías importantes, menor durabilidad o directamente son inexistentes, como es el caso de los pisos y solados, y de la terminación de los muros al exterior y al interior.

Algunas de las soluciones experimentales (Figura 2) para pisos incluyeron contrapisos de cascotes, terrones sobrantes del tamizado de suelos, cal hidráulica y cemento tipo Portland, en proporción 4:12:1:1/2 en volumen, terminados con solado de baldosas de fabricación artesanal de 25 cm x 25 cm x 2,5 cm y carpetas cementicias de 0,8 cm de espesor (3 arena: 1 tierra tamizada: 1 cemento, con agregado de polvo mineral de color).

Estos prototipos se materializaron mediante acuerdos formales con las organizaciones sociales locales y con el apoyo material y financiero del CONICET y del Municipio de Tigre (Rotondaro et al, 2011). Se construyeron además prototipos de revoques y revestimientos para muros exteriores e interiores, en el centro vecinal y en viviendas de Bancalari, GBA, y en Nuevo Golf, Mar del Plata (Rotondaro et al, 2008) (Figura 3). Mediante estos elementos se continúa con la formación de autoconstructoresde familias beneficiarias y técnicos

participantes, en el ajuste de soluciones nuevas con empleo suelos seleccionados estabilizados, dentro de los parámetros de calidad constructiva apropiadas para cada caso.

Figura 2: Situaciones de pisos de baja calidad y durabilidad en viviendas autoconstruidas (arriba). Prototipos de pisos y solados de suelo-cemento alisado y de baldosas artesanales de suelo-cemento. Barrios de Bancalari y San Martín, Gran Buenos Aires. (Créditos: Rotondaro, 2008 y 2012)

Figura 3: Situaciones de muros sin revoques en viviendas autoconstruidas (arriba). Prototipos de revoques de suelo-cemento-cal y de barro sobre malla metálica en Bancalari, Monte Terrabusi y Nuevo Golf (abajo) (Créditos: Rotondaro, 2088, Cacopardo, 2011).

En Nuevo Golf se trabajó principalmente en un prototipo mixto para cerramiento vertical (muro) sobre estructura portante de madera, con pallets rellenos con una mezcla de barro estabilizado con paja de campo, y revestimiento con malla metálica y revoques de barro en dos capas.

Otra de las líneas de trabajo de la investigación enfoca las carencias de calefacción de las familias, ya sea por la inexistencia de red pública de gas o por el costo de garrafas de gas envasado, inaccesible para la mayoría de las familias en indigencia. Se suma a estos problemas la precariedad de las soluciones que disponen las familias para calefaccionarse, en muchos casos braseros o tachos abiertos donde queman todo tipo de materiales y generan una combustión directa, con riesgos de incendio y contaminación del aire que respiran.

Se construyeron prototipos de estufa de masa térmica con paredes de adobe y morteros de barro en una vivienda en Monte Terrabusi, en el centro vecinal de Bancalari y en el INTI Energía, en la sede central de San Martín (Figura 4).

Figura 4: Estufas experimentales de masa térmica con paredes de adobe y mortero de barro en Monte Terrabusi (Créditos: Cacopardo y Rotondaro), Bancalari (Crédito: Rotondaro 2011) y prototipo en INTI Sede Central San Martín. (Crédito: Rotondaro-INTI Energía 2012).

La finalidad de desarrollar y evaluar estos prototipos es investigar si estas estufas con paredes de mampostería de adobe y mortero de barro son factibles técnica y socialmente en barrios pobres, y poder desarrollar artefactos con una eficiencia energética aceptable para ambientes chicos (vivienda) y seguros en cuanto a la eliminación de humos tóxicos peligrosos. En este caso la pared de adobe acumula calor y se aprovecha su inercia térmica durante la noche, sin necesidad de mantenerla con combustible prendido; y las chimeneas de hierro mejoran la transmisión de calor al ambiente durante su uso. El primer prototipo es de planta circular de 60 cm de diámetro interior por 90 cm de alto total exterior; el segundo prototipo tiene 72 cm de ancho por 45 cm de profundidad y 110 cm de alto total exteriores; y el tercer prototipo tiene 54 cm de ancho por 72 cm de profundidad por 100 cm de alto total exteriores. El último de los prototipos es un diseño conjunto con el INTI Energía) y es de doble combustión, lo cual mejora su rendimiento y genera la quema de humos en una cámara secundaria antes de la salida por las chimeneas.

Como parte del proceso de gestión participativa y concertada, en estos barrios se iniciaron tareas de formación técnica de los investigadores de los grupos de trabajo en Mar del Plata y en Buenos Aires, con participación de vecinos interesados y vecinos beneficiarios, en la preparación de materiales, fabricación de componentes básicos y elementos constructivos, y en la aplicación y construcción de los mismos en sus viviendas.

4. CONCLUSIONES.

Los modos de gestión en desarrollo pueden inscribirse dentro de los conceptos de la generación de tecnologías constructivas y de gestión con fines sociales, en esta etapa actual dentro de lo que Víctor Pelli describe como formas de “gestión participativa y concertada” y “co-gestión” (Pelli, 2007:65,81). En este sentido, en Bancalari se avanzó con la participación local en dos aspectos: unlugar de experimentación de tecnología constructiva en la sede de una organización barrial (el centro vecinal) y algunos compromisos de trabajo conjunto con vecinos para el empleo de soluciones ya evaluadas por la investigación. Dentro de los componentes constructivos en desarrollo, algunos prototipos de revoques y de baldosas económicas significan una innovación que en apariencia podría interesar al contexto de autoproducción de vivienda, y que exige una mínima asistencia técnica, factible de ser sostenida por pequeños grupos y a escala familiar. En el caso de las baldosas, se obtuvieron valores altos de resistencias de rotura a flexión aunque no alcanzan los exigidos por la Norma IRAM 1522 (1971), aunque algunos ejemplares la superan; y la resistencia al desgaste por abrasión supera los valores exigidos por la misma norma. Algunos prototipos de revoques de suelo-cemento-cal sobre muros de ladrillo cerámico y ladrillo cocido, con más de tres años de edad, presentaron comportamientos satisfactorios en cuanto a fisuración, cohesión y adherencia al sustrato.

Los adobes fabricados para las estufas de masa térmica presentan condiciones posibles en cuanto a su producción por autoconstrucción asistida, empleando materiales y autoconstructores locales, con resultados aceptables en cuanto a dureza, fisuración, regularidad dimensional y peso, para las características de un mampuesto de barro crudo estabilizado con fibras.

En los barrios donde se desarrollan las intervenciones se lograron distintos grados de inserción y aceptación de los prototipos y soluciones constructivas nuevas (con mayor avance en los barrios de Mar del Plata), en las propias redes sociales, lo cual se tradujo en algunos resultados preliminares en la co-gestión y en las actividades de autoconstrucción y asistencia técnica, con participación de los vecinos, y en su capacitación. Hay también apoyo sostenido de parte de instituciones públicas tales como las universidades nacionales que participan, el CONICET y la Municipalidad de General Pueyrredón, y de varias empresas privadas, lo cual apuntala el modelo de gestión en cuanto a su continuidad, a la inserción de los grupos técnicos y la participación de los pobladores locales.

La comparación Buenos Aires-Mar del Plata permite observar y analizar problemas en distintos contextos de gestión y actuación, desde aquellos con población en situación de pobreza estructural y mayor homogeneidad en la concentración de situaciones de población indigente y en riesgo crítico, con intervención escasa de instituciones (como Alto Camet y Monte Terrabusi), hasta otro que cuenta con un mayor grado de articulación institucional en la mediación con el barrio y la particularidad de transferencia de algunos prototipos, en Bancalari. Aún así, permanecen algunos problemas de aceptación del material y de soluciones constructivas en su aplicación real para mejorar las terminaciones de la vivienda (principalmente pisos y revoques), debido a que la emergencia plantea urgencias en la materialización y mejora de muros de cerramientos, techos e instalaciones. Los resultados que generan beneficios directos o potenciales (de organización ciudadana, empoderamiento, laborales, tecnológicos, familiares, ambientales) se incluyen en ciclos de transferencia con gestión participativa, mediante su documentación y capacitaciones específicas y trabajo de campo.

Las actividades realizadas en los últimos años generaron procesos a partir de la producción de nuevos elementos constructivos que se están transfiriendo al barrio (en Buenos Aires y en Mar del Plata) con distintas estrategias de gestión, más tradicional y lineal entre sistema científico y centro vecinal en Bancalari, y con mejor inserción en los barrios de Mar del Plata. Entre los diferentes resultados obtenidos por la gestión y co-gestión de esta tecnología, se está comenzando a producir un nuevo enfoque que incorpora más actores locales (municipio, organizaciones sociales, familias beneficiarias) y más instituciones formales y empresas del sector privado (INTI, EDEA, Canteras Yaraví, etc.). Se espera que pueda convertirse en un “proceso de gestión participativa, interactoral e interinstitucional” buscando tecnologías posibles (Berretta, 2007).

Los desafíos en estos contextos de actuación se mantienen los principales interrogantes de partida que son importantes en la dimensión de la gestión participativa: ¿será posible desarrollar estas tecnologías en estos barrios en una escala masiva? ¿Se podrán alcanzar márgenes lógicos de calidad de materiales, ejecución de obra y de terminaciones que no afecten la durabilidad del material? A estas preguntas se le suma la problemática de la asimilación de los cambios en cada contexto cada contexto barrial. Los resultados obtenidos son de diferente grado, alentadores en cuanto a la factibilidad técnico-económica y social para un desarrollo local de algunas de las innovaciones en evaluación, y una participación potencial de beneficiarios e instituciones barriales con posibilidad de transferencia a mayor escala dentro de los procesos de mejoramiento que han venido realizándose en estos lugares. El modelo de gestión y los mecanismos de diseño y transferencia a continuar presentan desafíos esperables en contextos con población en situación de pobreza, en los aspectos organizativos (grupos beneficiarios-grupo de investigación-organizaciones y empresas asociadas participantes), que serán diferentes en los distintos barrios. En cuanto a los resultados del comportamiento físico-mecánico y las durabilidades de cada tipo de componente y elemento constructivo, se observa que su experimentación necesita de

tiempos diferentes según cada contexto local, más extenso en algunos, pero que deberá ser contínuo y apoyado por ensayos basados en protocolos establecidos, que otorguen mayor credibilidad desde un punto de vista técnico en su durabilidad y funcionamiento.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Almansi, F. (1995). Mejoramiento habitacional: Recuperación de la vivienda deficitaria. En: *AREA, Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo Nº 2:53-64.* FADU-UBA. Ciudad de Buenos Aires.

Berreta, H. (2007). *Tecnologías posibles.* Conferencia. En: II Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. 21 de Setiembre de 2007. Córdoba, Argentina: AVE-CEVE CONICET.

Cacopardo, F.; Ondartz, A.; Garcia Palacios, R.; Mañá, C.; Puglia, L. (2007). Materiales y tecnologías sociales alternativas para hábitat y vivienda sobre trabajo de base territorial y cogestión interinstitucional: Prueba piloto Alto Camet y Monte Terrabusi, Mar del Plata, 2005-2007. En: *Ciencia y Tecnología para el hábitat popular. Desarrollo tecnológico alternativo para la producción social del hábitat. AVE CEVE-CONICET/ UNC/UCC*. Buenos Aires: Ed. Nobuko, pp.259-274.

Cacopardo, F.; Rotondaro, R.; Palacios, R.; Mañá, C.; Ondartz, A.; Puglia, L.; García Cein, E.; Améndola, V.; Patrone, J.C.; Rolón, G. (2009). Tecnologías sociales posibles con base territorial: gestión y transferencia, asimilación social de prácticas y producción de conocimiento. Barrios del periurbano de Mar del Plata y Buenos Aires, Argentina. En: *Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. Articulación de Políticas Intersectoriales: Científico Tecnológicas y de Inclusión Social.AVE-CEVE CONICET/ FAUD-UNC/FAU-UCC.* Buenos Aires: Ed. Nobuko, pp.241-253

Dagnino, R.; Cruvinel Brandão, F.; Tahan Novaes, H. (2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. En: *Tecnología social. Uma estratégia para o desenvolvimento.* CIP, Rio de Janeiro. Fundação Banco do Brasil, Rio de Janeiro, Brasil.

INDEC-Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2001,2003,2011).Censos Nacionales de Población y Vivienda 2001 y 2010. INDEC. MECON, Gobierno de Argentina. Disponible en: www.indec.gov.ar

IRAM-Instituto Argentino de Racionalización de los Materiales (1971). Norma Nº 1522 Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana. Buenos Aires: IRAM.

Kessler, G.; Di Virgilio, M.M. (2008). *La nueva pobreza urbana: dinámica global, regional y argentina en las últimas dos décadas.* Santiago, Chile: Revista de la CEPAL N°95, pp.32-50.

Kozulj, R.(2003). La pobreza en América Latina: descripción de la evolución reciente y análisis de algunas de sus causas. En: *Hacia la solución de las inequidades económicas en América Latina y de sus consecuencias sociales. Grupo de Estudio Pugwash-Primer Taller Regional, Mayo-Junio 2003.* Bariloche: Fundación Bariloche.

Ortecho, E.L. (2007). Reflexiones sobre ciencia y tecnología para la vivienda popular. En: *Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. Construcción y participación del conocimiento. I Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. Córdoba, 29-30 Noviembre y 1º Diciembre de 2006.*Buenos Aires: Ed. Nobuko, pp.15-22

Pelli, V.S. (1994). ¿Cómo entendemos la pobreza? Las ONG en la construcción de la ciudad.En: *Seminario Internacional "La ciudad para todos", Programa Arraigo, Buenos Aires. Módulo, Formas participativas de la gestión habitacional*. Maestría en Hábitat y Vivienda de la FAUD-UNMdP. Mar del Plata: FAUD-UNMdP.

Pelli, V.S. (2007). *Habitar, participar, pertenecer*. Buenos Aires: Ed. Nobuko.

Rotondaro, R.; Cacopardo, F.; y otros (2011). Gestión participativa para mejorar la vivienda en sectores urbanos pobres. Buenos Aires-Mar del Plata, Argentina. En:*Memoria3er*

Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra-3ª Reunión Nacional Red Protierra. 28 al 30 de junio 2011. Tucumán, Argentina: FAU-UNT/IRPhA FAU-UNSj, pp.205-214

Rotondaro, R.; Patrone, J.C.; Schicht, A. (2008). Innovación tecnológica y vivienda en el Gran Buenos Aires. Pisos y revoques para sectores en situación de pobreza. *Cuaderno Urbano-7*. Buenos Aires: Edit. Nobuko, pp.115-144

Stivale, S. (2006). Concepto de "precariedad", redefinición de vivienda deficitaria. En: *CD I Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. Córdoba, 29-30 Noviembre y 1º Diciembre de 2006.* Córdoba: AVE CEVE-CONICET.

Thomas, H. (2009). Sistemas tecnológicos sociales y ciudadanía socio-técnica. Innovación, desarrollo, democracia. En: *Iº Encuentro Internacional de Culturas Científicas y Alternativas Tecnológicas (pp. 65-86)*. Editor: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. 8 y 9 de Octubre de 2009, Buenos Aires.

Currículos

Rodolfo Rotondaro. Arquitecto, maestría CEAA-CRATerre. Docente investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad de Buenos Aires, FADU UBA / CONICET. Director Programa ARCONTI, Arquitectura y Construcción con Tierra. Miembro de la Red PROTERRA. Responsable Cátedra UNESCO Arquitecturas de Tierra en FADU UBA.

Fernando Cacopardo.Arquitecto, Máster en Historia, Investigador del CONICET. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Director del Programa Interdisciplinario en Urgencias del Hábitat y de la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, UNMdP-MGP.

Griselda Ricciardelli. Arquitecta. Docente integrante del Programa ARCONTI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Proyecto Obra de la Tierra. Miembro de CIDART, Centro de Investigación, Capacitación y Diseño en Arquitectura de Tierra.

María Inés Cusán. Arquitecta. Docente investigador de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Investigador del Programa Interdisciplinario en Urgencias del Hábitat y de la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, UNMdP-MGP.

Carlos Mañá. Arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Investigador del Programa Interdisciplinario en Urgencias del Hábitat y de la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, UNMdP-MGP.

Natacha Hugón. Construcción natural. Docente, integrante del Programa ARCONTI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Miembro de CIDART, Centro de Investigación, Capacitación y Diseño en Arquitectura de Tierra.

MONITOREO DE REVESTIMIENTOS DE MUROS CONSTRUIDOS CON TIERRA. CASO AMAICHA DEL VALLE, TUCUMÁN

Mirta E. Sosa, Stella M. Latina, Maria de los A. Castellote, Irene C. Ferreyra, Josefina del H. Chaila

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda - (CRIATiC)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) – Universidad Nacional de Tucumán – (UNT)
Av. Néstor Kirchner (ex Roca) 1800 – San Miguel de Tucumán - Argentina
Tel. 0054381- 4364093 interno 7919 - criatic@gmail.com

Palabras claves: revestimientos de tierra, muros, tradición constructiva

Resumen

La presente comunicación se enmarca dentro del proyecto financiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) "Optimización Tecnológica para la Preservación y Conservación (durabilidad) de las Construcciones de Tierra en el Noroeste Argentino (NOA). Uso Eficiente de Materiales y Técnicas Tradicionales en Revestimientos de Muros", y que se desarrolla en el Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Se muestran los resultados del monitoreo llevado a cabo en revestimientos testigos aplicados en muretes construidos a tal fin, en la localidad de Amaicha del Valle en la provincia de Tucumán, Argentina.

La metodología de trabajo se desarrolla en dos fases consecutivas: La primera fase, que incluye una recolección y análisis de datos: relevamiento (gráfico y fotográfico) y registro de los revestimientos de muros de adobes en dicho poblado. El objetivo es evaluar cualitativamente los tipos de revoques que se aplican (materiales y procedimiento constructivo), el estado actual de los mismos y la vigencia o permanencia de los revoques de tierra. Para el análisis se tuvo en cuenta el lugar de extracción de la tierra a usarse en los revoques, la composición de la misma, la técnica de aplicación, la mano de obra, el mantenimiento y la incorporación de materiales naturales o industrializados. La segunda fase, a partir del procesamiento de la información, definir distintos tipos de revoques que se aplican en muretes-prototipos con el objeto de medir su comportamiento frente la acción del intemperismo.

Los resultados esperados son:

- Registrar el comportamiento frente al intemperismo que manifiestan los diferentes revestimientos usados en las construcciones de la región en los valles áridos de la provincia de Tucumán, en el poblado de Amaicha del Valle.
- Proponer el revestimiento más eficiente y durable, considerando los factores técnicos-constructivos necesarios -características del soporte y mano de obra vigente- con el objetivo de promover el uso de recursos locales y técnicas de tierra cruda.

1. INTRODUCCIÓN

La población de la provincia de Tucumán, en el Norte de la República Argentina, se extiende sobre territorio de llanuras en el Este y de valles y montañas al Oeste; con relieves que ascienden desde 300 m a más de 4000 m sobre el nivel del mar hacia el Noroeste. El departamento de Tafi del Valle, ubicado en este extremo de la provincia, se constituye en el área límite y de comunicación con la provincia de Salta al Norte y la provincia de Catarmarca al Sudeste. Es en esta región departamental, donde habitan las comunidades con mayor historia e identidad cultural de Tucumán; en los valles áridos están: Colalao del Valle, El Bañado, Quilmes, Rincón de Quilmes, Amaicha del Valle, Los Zazos por nombrar algunas y en los valles húmedos: Tafi del Valle y El Mollar.

En la primera etapa de la presente investigación, se trabaja en dos poblados del departamento de Tafi del Valle: Amaicha del Valle y Colalao del Valle. Durante el desarrollo

y teniendo en cuenta los recursos disponibles se decide estudiar sólo Amaicha de Valle para llevar a cabo la segunda etapa del proyecto.

En ambos poblados la edificación de las viviendas tradicionales se basaba en dos pilares fundamentales: la producción comunitaria de adobes y la autoconstrucción de las viviendas con la tecnología de tierra. Su saber constructivo y las distintas manifestaciones culturales (como el tejido, la cerámica, la escultura en piedra, la cestería, la comida) fueron el resultado de la fusión de la cultura nativa con la hispánica, con una fuerte tradición oral de conocimientos transmitidos a través de generaciones.

El poblado de Amaicha del Valle está ubicado a 164 km de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia, a 14 km de la RN 40 (que atraviesa la República Argentina de Norte a Sur a lo largo de la Cordillera de Los Andes) y a 2200 m sobre el nivel del mar. Se considera que Amaicha posee el mejor microclima del mundo, con temperaturas promedio de 25ºC en verano y de 10ºC en invierno que es extremadamente seco. El valle por no estar expuesto a los vientos húmedos del Este, adquiere características de aridez y se presenta como un enorme campo de cardones[1].

La comuna de Amaicha del Valle, obtuvo el reconocimiento de “Comunidad Indígena”, a través de la Cédula real en abril de 1716, y de hecho en 1998 las tierras fueron transferidas por el gobierno provincial a los pobladores como bien comunitario. Actualmente el poblado cuenta aproximadamente con 7000 habitantes y su producción principal está basada en la agricultura de pequeños productores y una incipiente actividad turística.

Históricamente, se generó y desarrolló como la mayoría de los pueblos fundados por los españoles a partir de la plaza central, alrededor de la cual se encuentran los principales edificios públicos: la iglesia, el edificio de la Caja Popular, la Comuna rural, la comisaría y las primeras viviendas; de todos ellos, sólo la iglesia y algunas viviendas se conservan construidas con mampostería de adobes asentados con barro.

2. MARCO TEÓRICO

El intemperismo (acción individual o conjunta del agua de lluvia y del viento) es la principal causa del progresivo deterioro que se registra en las construcciones de tierra. En ciertos casos, puede llegar a comprometer su integridad constructiva o su estabilidad estructural, si no se interviene en el tiempo y en la forma adecuada. Los muros y cubiertas de techo son las partes más expuestas y, por ende, las que sufren mayor degradación por acción de los agentes externos.

En este contexto, tanto en el diseño y la construcción de nuevos edificios, como en la restauración y conservación de edificios existentes, algunos con innegable valor patrimonial, se intervienen con desconocimiento de la tecnología (materiales, productos y procesos constructivos) y frecuentemente se proponen soluciones inapropiadas, análogas a las de edificaciones convencionales, de ladrillos cerámicos huecos o macizos, de piedra, de hormigón, etc., que terminan potenciando los efectos de la degradación que se pretende controlar.

El estudio y la investigación referida a la durabilidad de las construcciones de tierra se vienen desarrollando en los últimos años, como consecuencia de un creciente requerimiento, tanto desde el enfoque de la intervención de los edificios históricos y arqueológicos como de la arquitectura doméstica. Muchos autores han investigado sobre las patologías constructivas más comunes en las construcciones de tierra, así como los agentes naturales y causales de estas lesiones.

Existe bibliografía internacional en lengua española, que desarrollan estudios sobre el conocimiento tecnológico de la tierra como material de construcción; entre ellos cabe destacar *Construir con tierra* de Doat et al (1990) tomo I en el que hace referencia a los distintos sistemas constructivos y en el tomo II la composición e identificación de tierras, además de otras técnicas constructivas; el *Manual de construcción en tierra* de Minke (2001)

referido al estudio de la tierra, composición, propiedades, técnicas constructivas y en un extenso artículo desarrolla el tema de revoques: composición, propiedades físico-químicas de los materiales componentes y de sustancias estabilizadoras, técnicas de aplicación y lesiones que presentan; y Vargas Neumann y otros en *Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas* que evalúan diferentes tipos de adiciones a los revestimientos de las construcciones.(http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14038/doc14038-a.pdf).

Entre las primeras lecturas a nivel nacional se destaca lo escrito por Rotondaro et al (1994) sobre comportamiento y durabilidad del hábitat en *Desarrollo y transferencia de tecnología constructiva para zonas áridas. Noroeste argentino,* y en la ponencia *Vivienda y componentes constructivos para mejorar las construcciones en zonas áridas.* (Rotondaro). Cuando se aborda específicamente el tema de lesiones en los muros de tierra, se encuentra el trabajo de Viñuales (1981) referido a los distintos sistemas constructivos tradicionales que se pueden encontrar en el Noroeste Argentino (NOA) y los deterioros que experimentan las construcciones con tierra por la acción del medio ambiente y de inadecuadas intervenciones.

Otros documentos a citar son el trabajo de Invernizzi y Plana (2002), *Restauración de la capilla de San Nicolás de Tolentino* (San Juan), en el que se refiere a las acciones concretas de intervención en la superficie y en la masa de muros de un edificio patrimonial construido en tierra y que fuera presentado en el 1° Seminario-Exposición "La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat" en Tucumán, Argentina. En el mismo evento, se presentó el artículo *Patrimonio y arquitectura de tierra del Noroeste argentino. Metodología para el estudio comparativo de patologías constructivas,* de Ramos et al (2002) que desarrolla una investigación relacionada a las patologías de muros en dos edificios patrimoniales del NOA, ubicados en Jujuy y en Tucumán y que fueron sometidos a varias intervenciones para su conservación, y el artículo *Monitoreo y evaluación de las restauraciones efectuadas en la iglesia de Susques*, trabajo de Ramos (2004) sobre el comportamiento de las superficies de muros en este edificio que es Monumento Histórico y está ubicado en la puna jujeña.

Entre los antecedentes del grupo de trabajo del CRIATiC y vinculado al tema se encuentra *Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicionales,* realizado por Ferreyra et al (2004) y *Degradación de los muros de adobe por acción de fenómenos climáticos*, de Sosa et al (2007) relacionado a las lesiones más comunes que presentan las construcciones de tierra en Amaicha del Valle. Ambas investigaciones llevadas a cabo en años anteriores, en laboratorio y en la comunidad, motivó a continuar la línea de estudio de los revestimientos en los muros de adobe.

3. METODOLOGÍA

La investigación se plantea con un enfoque progresivo e interactivo. Según los objetivos propuestos en el proyecto, el plan de trabajo se organiza en dos fases consecutivas:

a) Primera fase: Responde principalmente a una investigación de campo, de carácter descriptivo, analítico y deductivo de la arquitectura y tecnología del poblado. Comprende en una primera instancia:

a.1) Búsqueda y recopilación de información. Registro y análisis de antecedentes, trabajos realizados.

a.2) Relevamiento de campo a los efectos de colectar información del tipo y estado de los revestimientos en muros construidos con tierra. Teniendo en cuenta:

2.1.- Materiales y aditivos naturales utilizados en las terminaciones de los muros (características particulares, lugar de extracción, etc.).

2.2.- Conocimiento popular y actual de técnicas y procedimientos constructivos.

2.3.- Identificación y evaluación de las patologías en el caso que se produzcan.

En esta etapa de estudio e investigación se establece como unidad de análisis**,** las viviendas de una planta construidas con adobes, con y sin revoques de tierra; sean viviendas

tradicionales o modificadas; entendiéndose por modificada aquellas construcciones actuales que utilizan la tierra en algún componente constructivo del muro (mampuesto, mezcla de asiento, revoque).

Para cumplimentar esta actividad de campo, se llevan a cabo tareas de:

- Relevamiento gráfico y fotográfico;
- Entrevistas personales a pobladores y albañiles locales;
- Toma de muestras representativas de tierra y adobes utilizados, a fin de analizar sus propiedades físicas y mecánicas en laboratorio.

El procesamiento de la información en esta etapa -interpretación, análisis, síntesis y conclusiones- permite la toma de decisiones para el diseño de la etapa siguiente: la investigación científica.

b) Segunda fase: Consiste en una investigación experimental científica. Parte del objetivo de optimizar la vida útil de los revestimientos de muros de tierra. Para ello se realizan pruebas y ensayos simples y normalizados en el laboratorio del CRIATiC, de las tierras consideras como óptimas según informes de lugareños; y se construyen muretes de adobes, en un terreno del poblado de Amaicha del Valle, con el objeto de mantener las condiciones ambientales del lugar y la técnica constructiva (mano de obra local).
La variable disponibilidad de tiempo para viajar a los valles; el clima frío del período invernal en la región que no permite la producción de adobes entre los meses de junio a septiembre; la irregularidad de plazos para recibir los recursos del subsidio destinado a esta investigación y el plazo establecido para la finalización del proyecto, determina que las actividades en el laboratorio y la construcción de muretes se desarrollen en forma casi simultánea.

b.1) Actividades en el laboratorio

De acuerdo a las entrevistas realizadas, se toman muestras de tierras que los lugareños utilizan para la ejecución de los adobes, de la mezcla de asiento y de los revestimientos.

Tanto en el campo como en el laboratorio, se realizan los ensayos sensoriales de tacto, mordedura, lavado de manos y sedimentación. Además, en el laboratorio se efectúan los ensayos simples: resistencia en seco, retracción lineal (prueba de Alcok), test de permeabilidad (goteo) y los ensayos normalizados por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) para conocer los límites plástico y líquido (IRAM 10501/2) y granulometría por tamizado seco (IRAM 10512/1977).

b.2) Actividades en el campo experimental

La construcción de prototipos -muretes de adobes- con diferentes acabados superficiales y sin ellos, se realizan en un terreno ubicado en La Banda de Abajo, barrio aledaño al centro de Amaicha del Valle.

La evaluación de los prototipos experimentales se basan en la observación y registro de las degradaciones sufridas por efectos del intemperismo: microfisuras, fisuras, grietas, desprendimiento de revestimiento, pérdida de material (erosión hídrica y eólica), etc. Las mediciones efectuadas se realizan a los 30, 60 y 120 días de la ejecución y terminación de los muretes; se registran en cuadros y gráficos comparativos.

Como culminación de estas etapas de estudio e investigación, se prevé la transferencia de los resultados obtenidos -en primer lugar a la Comunidad de Amaicha y posteriormente a universidades, escuelas técnicas, municipalidades y comunas rurales, organizaciones sociales- a través de la publicación de cartillas de recomendaciones técnicas y por medio de seminarios, cursos y talleres de formación y capacitación.

DESARROLLO

En consonancia con lo planteado en la metodología del proyecto de investigación se procede de la siguiente manera:

3.1. - Primera fase: Relevamiento de campo. Arquitectura y tecnología del poblado

Como se expresa en párrafos anteriores, el área de estudio es el poblado Amaicha del Valle. Con la información recopilada -principalmente- fotográfica y gráfica se realiza un análisis de la expresión arquitectónica y tecnológica de las construcciones, se compara y examinan los cambios producidos en los últimos diez años (Figura 1). Se recurre a registros e información obtenida entre los años 2000-2005 y que fuera fuente del trabajo de investigación *Degradación de los muros de adobe por acción de fenómenos climáticos,* llevada a cabo en el marco del Proyecto *Producción y transferencia de tecnologías de tierra cruda apropiadas para la construcción de viviendas de interés social y equipamiento del hábitat popular en el NOA,* realizado por los autores en el CRIATiC.

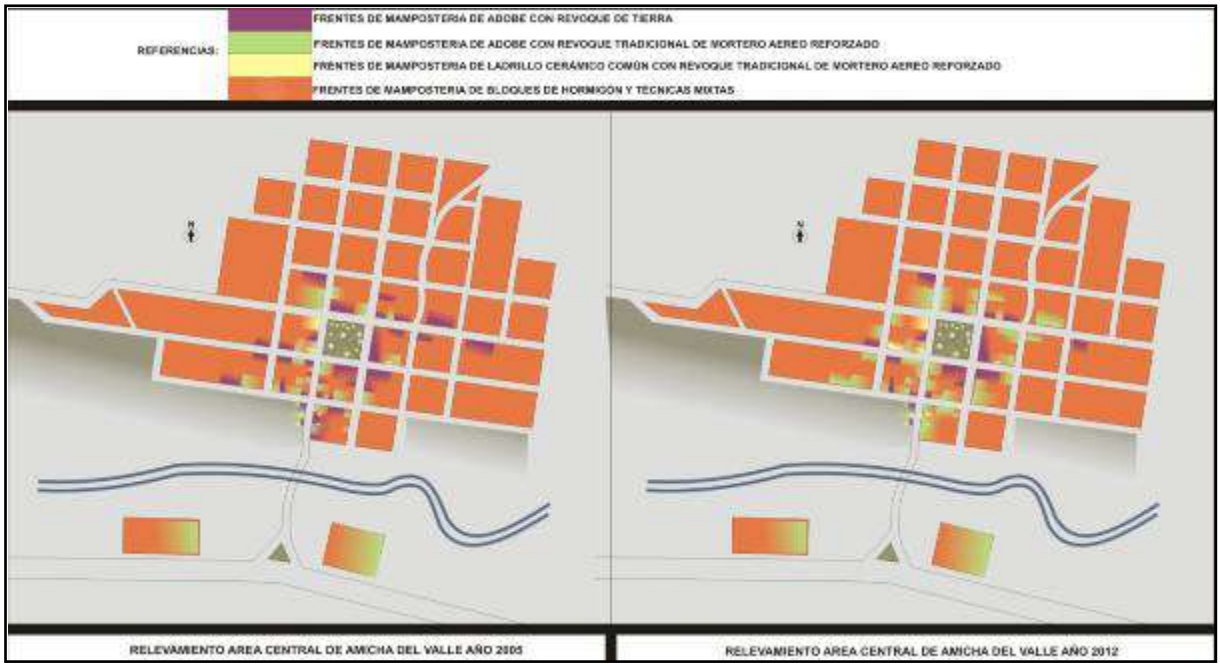


Figura 1. Cambios producidos en el uso de los materiales en la construcción de viviendas cercanas a la plaza principal del pueblo, durante los años 2005 y 2012.

A partir de entrevistas con pobladores y albañiles locales, se actualiza la información sobre el estado de la tecnología de tierra. Si bien el uso del adobe sigue vigente en la construcción de muros, en algunas construcciones nuevas está siendo reemplazado por el ladrillo cerámico hueco o macizo o por el bloque hueco de hormigón. A esto se le suman otras variantes como ser:

- Reducción del tamaño de los adobes: las actuales medidas oscilan entre 0,30-0,32 m de longitud, por 0,19-0,20 m de ancho y por 0,08-0,09 m de altura. Estas dimensiones permiten reducir el espesor de los muros a 0,20 m para que coincida con el ancho de la estructura sismo resistente[2] (encadenados verticales y horizontales de hormigón armado de 0,20 m x 0,20 m), según lo establece el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) y las Normas Argentinas para la Construcción Sismo resistentes (CIRSOC)[3].
- Reemplazo del mortero de barro para asentar los adobes por mezclas que incorporan aglomerantes artificiales industrializados como la cal y el cemento.
- Reemplazo parcial o total de la mezcla usada para revoques, en un 80% de los casos son preparados con características similares al mortero de asiento descripto en el punto anterior.
- La producción de adobes comienza a ser comercializada como una actividad productiva.

El perfil construido del poblado, ha experimentado transformación en estos últimos años; no sólo varían las proporciones de las fachadas sino también el color, el tamaño y la cantidad de las aberturas. En la figura 2, se pueden apreciar los cambios producidos en los frentes de una de las calles que rodea a la plaza principal, la calle San Martín.

Figura 2. Cambios en el perfil constructivo de las fachadas.

4.2.- Segunda fase: Investigación experimental

A partir del análisis comparativo y la evaluación del relevamiento y de la recolección de la información, se determinan las características de los muros a construir.

Las condiciones ambientales de un invierno poco severo en relación a años anteriores[1] permitió a los albañiles-adoberos fabricar adobes durante el mes de agosto. A fines de este mes se adquieren los 300 adobes que se necesitaban para levantar los prototipos. La tierra utilizada para su elaboración es de La Puntilla (localidad cercana). Los adobes que se usan son de 0,29 m x 0,19 m x 0,09 m.

Como se observa en la Figura 3, se construyen seis muretes de 1,20 m de altura; tres de ellos tienen un ancho de 0,90 m y los otros tres un ancho de 1,20 m. Se efectúa un sobrecimiento construido con piedra de 0,15 m de altura y 0,20 m de espesor; una capa aisladora de aproximadamente 0,02 m de espesor realizada con mortero cementicio más el agregado de hidrófugo y un film (polietileno de 200 micrones) para evitar la ascensión de agua; el muro se remata con un coronamiento de ladrillos cerámicos macizos (0,27 m x 0,13 m x 0,05 m), asentados con mortero cementicio en sentido perpendicular al muro, a modo de protección superior, como usualmente se hace en las construcciones de la región. Se disponen en el terreno con una orientación Norte-Sur, a fin de que una de sus caras estuviera expuesta a la mayor incidencia de lluvias y vientos (Sur).

Figura 3. Muretes realizados con materiales y mano de obra local y expuestos al clima del lugar para verificar su comportamiento a la intemperie.

Para determinar la composición de los revestimientos se tienen en cuenta dos antecedentes:

a) Materiales locales usados tradicionalmente: adobes, tierras de localidades cercanas; arena, guano o estiércol de vaca, savia de penca *(Opuntia ficus-indica),* cal aérea hidratada (obtenida en comercios del poblado)[4].

b) Materiales no convencionales industrializados: Plasticor (marca comercial) es el más usado en la zona; Inerthol 5 Sil, es una pintura incolora a base de siliconas (no se usa en el lugar)[5].

Tanto la fabricación de los adobes, la preparación de los morteros con sus distintas dosificaciones, como la ejecución de los muretes estuvo a cargo de los albañiles de la Cooperativa de Los Zazos, organización que forma parte de la Comunidad Indígena de Amaicha de Valle.

La obra se inicia el 21 de septiembre y finaliza el 25 de noviembre con la aplicación de la segunda capa de revestimiento; se consideran los tiempos de secado tanto de las juntas de asiento de la mampostería como la aplicación y secado de la primera capa. Se utilizan dos tipos de tierra para los revoques de barro: la tierra, llamada por los pobladores *greda* de La Puntilla y la tierra de El Tío; a los efectos de sintetizar, de acá en adelante se las llama T1 y T2, respectivamente. Los muretes fueron denominados numéricamente del 1 al 6 y de izquierda a derecha como M1, M2, M3 y así sucesivamente.

En los muretes M1, M2, M3, M4 y M6, los adobes están asentados con una junta de barro de aproximadamente 0,015 m. En el M5, los adobes se asientan con plasticor con una junta de igual espesor que en los otros casos.

Todos los muretes en sus caras Norte-Sur tienen el mismo tratamiento y composición, dos capas de revestimiento con la variante de la tierra y el estabilizante. La finalidad es comparar cómo y cuánto influye la orientación en la durabilidad de los mismos. Por tal motivo, a los muretes del 1 al 5 se les aplica revoques y al M6, se le aplica sólo pinturas de tres tipos. Los muretes 1, 2 y 6 tienen 1,20 m de ancho con el objetivo de disponer de dos fajas de 0,60 m con diferentes composición y dosificación. La descripción de cada uno se indica en el cuadro de la Figura 4.

Muretes	Revestimientos
Muro 1.a (M1a)	1° capa = 1:3 (T1 + arena) 2° capa = 1:3 (T1 + arena médano)
Muro 1.b (M1b)	1° capa = 1:1:2 (T1 + cal + arena) 2° capa = 2:1 (T1 + cal)
Muro 2.a (M2a)	1° capa = 2:1 (T2 + cal + savia de penca) 2° capa = 1:1:1 (T2 + cal + arena médano)
Muro 2.b (M2b)	1° capa = 1:4 (cal + arena) 2° capa = 1:3 (cal+ arena médano)
Muro 3 (M3)	1° capa = 7:2 (T2 + guano) 2° capa = 2:3 (T2 + guano)
Muro 4 (M4)	1° capa = 3:1 (T2 + cal) 2° capa = no lleva
Muro 5 (M5)	1° capa = plasticor (pre-mezcla de cal y cemento)+arena 2° capa = fino (pre-mezcla)
Muro 6	**Pinturas**
M6a) Esquina superior izquierda	Inerthol 5 Sil
M6b) Esquina superior derecha	Lechada de cal
M6c) En hiladas inferiores	Agua de penca macerada

Figura 4. Listado de revestimientos aplicado en muretes.

4. RESULTADOS

5.1- Resultados en el campo experimental (terreno donde se efectúan los muretes).

Allí se efectúan los monitoreos programados según la edad de los mismos, 30, 60 y 120 días posteriores a su construcción. Para llevar un mejor registro, se confecciona una ficha

(Figura 5) con las posibles y usuales lesiones que se producen en los revestimientos, sean de barro o no, sobre soportes de tierra. Se toma como modelo la ficha de campo realizada por Sosa et al (2007) y Ramos et al (2002).

MURO	ESTADO/ASPECTO GENERAL EROSIÓN					DESPRENDIMIENTO				MICROFISURA diferenciar si es fisura -0,5mm o microfisura +0,5mm				ADHERENCIA. Indicar si es parcial, cual su ubicación			CORRENTIA
	Mal	Reg.	Bien Ubicación		%	Exfoliación=x escamas		Deplacamiento		Ubicación en muro	Tipo		Dimens	Si	No	Entumecim. (hinchamiento)	
						Ubicación	%	Ubicación	%		distrib	sentido					
1.a) Cara Sur			X	NO		NO		NO		NO				X		-	NO

Figura 5. Ficha de relevamiento de lesiones usada para monitoreo.

1.a) Primer monitoreo

Se realiza el 5 de enero (aproximadamente a los 35 días de su terminación), en pleno período de verano, con condiciones climáticas normales para esa época del año y sin precipitaciones[1]. Los prototipos estuvieron expuestos, diariamente, a gran amplitud térmica y vientos moderados. Bajo estas condiciones climáticas, la degradación de los Muretes fue variable dependiendo del revestimiento y de la orientación, evidenciando un deterioro más marcado en las caras expuestas al Sur. Ninguno evidencia erosión, salvo el M1a, que presenta pérdida de material con una suave presión manual ejercida sobre él. El M1b no presenta inconvenientes en su cara Sur que se encuentra en buen estado, pero la cara Norte muestra deplacamiento sin desprendimiento.

En los muretes M2a, M3 y M4 en cuyos revestimientos se utilizó la tierra T2 estabilizada con cal y con guano; se observa menor fisuramiento en el M3 que contiene el aditivo natural. El M4 evidencia marcadas fisuras en continentes con futuro desprendimiento por deplacamiento. El M2b presenta buen estado en general y el M5 es el mejor conservado. En el M6, no se observan diferencias significativas entre las tres pinturas, sí un mayor poder cubriente en el sector donde se aplicó la pintura a base de silicona.

En general, las lesiones más recurrentes en los Muretes son las microfisuras y las fisuras.

1.b) Segundo monitoreo

Se realiza el 11 de febrero, luego de fuertes y continuas precipitaciones del mes de enero y febrero, que superan a las que habitualmente se producen en la zona. Los muros presentan humedad por ascensión capilar y filtraciones en la zona del coronamiento. Las lesiones se potenciaron, las microfisuras aumentaron en tamaño y distribución produciendo en algunos muros el desprendimiento del revoque desde la primera capa. Es marcada la degradación y deterioro de las superficies.
El M5 es el de mejor aspecto y resistencia al intemperismo. El M6 presenta desigual estado de conservación; se observa un contrastado lavado de la superficie donde se aplican la lechada de cal y la savia de penca con relación a la superficie pintada con el Inerthol 5 sil.

1.3) Tercer monitoreo

Se efectúa el 5 de marzo, para esta fecha la región de los valles áridos ya se encuentra nuevamente en el período de estación seca, no se producen lluvias desde mediados de febrero (fecha aproximada del 2do. monitoreo). El estado físico de los muros no ha evidenciado mayor deterioro.

5.2.- Resultados de laboratorio

Se efectúa un análisis pormenorizado de todos los resultados obtenidos en el laboratorio: pruebas sensoriales, ensayos simples y normalizados y se concluye lo siguiente:

-Tierra de La Puntilla (T1) a la que los pobladores llaman greda (nombre popular de la tierra arcillosa) resulta ser un suelo cuya nomenclatura es ML = limo de mediana y baja plasticidad.

-Tierra de El Tío (T2) resulta ser un suelo cuya nomenclatura es CL= arcilla de baja y mediana plasticidad.

Estos datos son obtenidos de la Carta de Plasticidad de Suelos (Norma IRAM 10509/1982).

5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En esta etapa de discusión y análisis de los resultados obtenidos, los resultados de laboratorio son decisivos y pueden ser de utilidad para analizar lo observado en los monitoreos. En este punto se tienen en cuenta las siguientes variables: características constructivas del muro (materiales, procedimiento constructivo y mano de obra); las lesiones que presentan y las condiciones climáticas de exposición.

6.1) Características constructivas de los muretes

- Sobrecimiento de 0,15 m, resultó ser de poca altura, considerando la pendiente del terreno y la vegetación circundante que les produce salpicaduras a la parte baja de los muretes durante la lluvia; esto les provoca humedad que luego asciende por capilaridad. Todos los muretes presentan humedad a nivel zócalo.

- Coronamiento: ejecución deficiente; la mezcla de asiento usada para fijar los ladrillos cerámicos macizos a los muretes de adobe (mortero cementicio) es deficiente, tanto por la granulometría de la arena utilizada, demasiado gruesa, como por la calidad de la terminación. Este problema acarrea el inconveniente de que el agua de las fuertes lluvias -producidas la segunda quincena de enero- queda retenida en la junta y penetra a través de ellas humedeciendo las hiladas superiores; todos los muretes presentan humedad en este sector.

- Mampostería de adobes: desprolija, lo que lleva a que el espesor de los revestimientos (1ra. capa) sea de espesor variable. Esto se observa claramente en el M6 al que sólo se le aplica pintura. Y en el M4, que con una sola capa de revestimiento, experimenta importantes retracciones con desprendimientos longitudinales.

- Selección de tierra incorrecta para su uso; especialmente la T1, que al ser limo de escasa a nula plasticidad no posee cohesión y por lo tanto no se adhiere al paramento. Esto se aprecia en el M1a y en el M1b que no presentan resistencia a la abrasión y se disgrega sólo con la presión de los dedos.

6.2) Condiciones climáticas y lesiones

La persistencia y caudal de la lluvia poco frecuente en la zona, aceleró la generación de las lesiones más comunes en los revoques de barro. Después del primer monitoreo y hasta realizarse el segundo, se produjo un registro de lluvias con valor altamente superior comparado a años anteriores. Según informes de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de la provincia de Tucumán, las lluvias caídas durante el 15 enero al 13 febrero de 2013, correspondientes al período estival, marcaron un registro de 44mm; (en el año 2012, en este mismo período no se produjeron lluvias).

En los muretes M1a y M1b, se observa claramente el lavado producido por la lluvia; por las características de la tierra hubiera necesitado algún estabilizante artificial para su uso en revestimientos; a estos muretes los deteriora también la acción del viento. La lluvia se combina con las fisuras por retracción, de los revoques realizados con T2. Hay mayor deterioro de superficies en los muretes M2a (1° capa: T2 + cal + savia de penca) y la 2° capa: T2 + arena de médano + cal) y M4 (1º capa: T2 + cal). En una primera etapa, estos ya presentaban micro fisuras y fisuras, en mapeo y en continentes. Con las lluvias aumenta el espesor de las fisuras y se produce la separación interface por falta de adherencia entre capas, lo que genera desprendimientos en la cara Sur. El M4, con una sola capa, experimenta importantes retracciones con desprendimientos longitudinales en coincidencias con las juntas de asiento.

El M2b, cuyo revestimiento se estabiliza con cal, evidencia mejor comportamiento y a pesar de presentar micro fisuras, no se observa desprendimiento de capas. El estado es mejor en su cara Norte.

El M3, con un revoque de tierra arcillosa y guano, no presenta desprendimientos, a pesar de tener algunas fisuras producidas por la retracción de la arcilla. La humedad a nivel zócalo y coronamiento es menor en comparación con el resto de los muretes.

El M5, presenta humedad en el coronamiento y a nivel de zócalo y esporádicas micro fisuras. Es el que conserva los revoques con mejor calidad de terminación en las superficies y en las esquinas del muro (figura 6).

Figura 6. M2b (frente norte) M2a, M3 (frente norte) y M5 (frente norte)

El M6, de 1,20 m de ancho fue destinado para aplicar tres tipos de pinturas, la lechada de cal, la savia de penca y el Inerthol 5 Sil. La savia de penca, cayó en desuso en la actualidad y los albañiles no sabían prepararla, hubo que enseñarles cómo hacer. Todas las pinturas usadas son aplicadas con brocha gorda sobre la superficie limpia. La que presenta mejor comportamiento frente a la acción de la intemperie es el Inerthol 5 Sil. La lechada de cal es lavada por la lluvia y las aristas de los adobes disgregadas, idéntico comportamiento experimenta la superficie pintada con savia de penca.

La irregularidad de la superficie de muros dada por la poca uniformidad de los adobes y la mala ejecución de las juntas contribuye a la absorción del agua de lluvia en el paramento, especialmente la cara Sur que es la orientación de las lluvias.

6. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es el de evaluar cualitativamente los tipos de revoques utilizados, su estado de conservación y la vigencia de los mismos en las actuales construcciones. En esta etapa y a partir de aspectos vinculados a la ejecución de los muretes y los revestimientos, se puntualizan las siguientes conclusiones:

- El adobe sigue vigente en la construcción de viviendas en Amaicha de Valle. Es elegido tanto por pobladores locales como por residentes estacionales. En la resolución constructiva de los muros cambia la junta de asiento de la mampostería y el revoque de las superficies que ya no es de barro sino de mortero aéreo reforzado (cemento, cal y arena) realizado in situ o por mezclas pre-elaboradas de cal y cemento. Como consecuencia, se produce una pérdida progresiva del saber autóctono -procedimientos, proporciones, tiempo necesario de maceración, etc- para preparar un buen mortero de barro para revoques y lo que es más penoso aún, el desinterés por aprenderlas para aplicarlas nuevamente.

- Es muy necesaria la inspección y el análisis del material puesto en obra a fin de garantizar los resultados que se esperan lograr. El tiempo disponible para viajar, el costo y la distancia al sitio atentó contra ese control y obligó a realizar cambios durante la ejecución de las tareas.

- La T1, limo de mediana y baja plasticidad, usada en el M1a y M1b y considerada greda, por los locales, tuvo mal comportamiento al intemperismo y mala cualidad cohesiva. El M1a es el que mayor degradación presenta. El M1b con la incorporación de cal mejoró su comportamiento.

- La T2, arcilla de baja y mediana plasticidad, aplicada en M2a y M2b, M3 y M4, con adiciones de savia de penca, cal y guano, se comportó mejor con la incorporación del guano y de cal. El M2a presenta desprendimiento de inter capas, y presencia de humedad en la 1°capa de revestimiento y el soporte. El M2b, con cal incorporada, aumenta su adherencia; sin embargo, presenta microfisuras; una proporción superior de cal hace suponer un mejor comportamiento. De todos los muros trabajados con T2, el M3 es el tiene mejor comportamiento, a pesar de presentar microfisuras, es en el que se observa menor absorción de agua de lluvia.
- El M5, en el que se utilizó Plasticor, como mortero de asiento y como revestimientos, es el que presentó el mejor comportamiento. Esta técnica constructiva es la que se está utilizando actualmente, por lo que concluimos en este punto, que es la más óptima en manos de los nuevos constructores y que es un hecho la pérdida del saber construir con la técnica del uso de la tierra en los revoques.
- En el M6, en el que se dejó sus caras sin revoques, demostró mejor performance la aplicación del Interthol 5 Sil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1990). *Construir con tierra.* Tomo 1 y Tomo 2. Traducción al español C.E. Sanchez, C. Angel Ospina. Fondo Rotatorio Ed. Bogotá, Colombia.

Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Tucumán, Argentina. (2013). Disponible en http://www.meteaoc.org/informes_de_precipitaciones

Ferreyra, I.; Latina, S.; Soria Nieto, R.; Mellace, R. (2004). Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicionales. En *3° Seminario-Exposición La Tierra cruda en la Construcción del Hábitat.* Tucumán: Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT, Argentina, pp. 225-234.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2007). IRAM 10501/2 – Determinación del límite líquido (LL) y límite plástico (LP) de una muestra de suelo. Índice de fluidez (IF) e índice de plasticidad (IP).

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1997). IRAM 10512 – Mecánica de suelos. Método de análisis granulométrico.

Invernizzi, Z.; Plana, M. R. (2002). Restauración de la capilla de San Nicolás de Tolentino. En *1° Seminario-Exposición La Tierra cruda en la construcción del hábitat.* Tucumán: Ed Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, pp. 115-123.

Minke, G. (2001). *Manual de construcción con tierra.* La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Montevideo, Uruguay: Editorial Nordan Comunidad, 1° ed. 2001. Lehmbau-handbuch.

Ramos, A. (2004). Arquitectura de tierra y tecnología en el Noroeste Argentino. Monitoreo y evaluación de las restauraciones efectuadas en la Iglesia de Susques. En *3° Seminario-Exposición La Tierra cruda en la Construcción del Hábitat.* Tucumán: Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán Argentina, pp. 275-285.

Ramos, A.; Rotondaro, R.; Monk, F. (2002). Patrimonio y arquitectura de tierra del Noroeste argentino. Metodología para el estudio comparativo de patologías constructivas. En *1° Seminario-Exposición La Tierra cruda en la construcción del hábitat.* Tucumán. Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, pp. 87-101.

Rotondaro, R. Vivienda y componentes constructivos para mejorar las construcciones en zonas áridas. NOA. En: *Seminario Internacional Materiales de Construcción Alternativos y Habitat Rural*. Universidad Católica de Asunción-CTA. Asunción, Paraguay.

Rotondaro,R.; Canelada, A.; Mascitti, V. (1994). Desarrollo y transferencia de tecnología constructiva para zonas áridas. Noroeste argentino. En *II Seminario Internacional de Integración Subregional*. UNJu-Univ. Católica de Salta- Univ. A. Pratt (Chile)-Univ.del Cusco (Perú). S.S. de Jujuy, Argentina.

Sosa, M; Ferreyra, I.; Mellace, R.; Latina, S.; Arias, L.; Alderete, C. (2007). Degradación de las superficies de muros de adobes por acción del intemperismo. Parte II. En *Adobe USA*. NNMC and Adobe Association of the Southwest, El Rito, New Mexico.

Vargas Neumann,J.;Heredia Zavoni,E.Bariola Bernales, J. *Preservación de las construcciones de adobes en áreas lluviosas*. PUCPerú -Provindar Metha - Universidad de California, Berkeley. Disponible en: http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14038/doc14038-a.pdf

Viñuales, Graciela (1981). *Restauración de arquitectura de tierra*. Ed. Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo. Tucumán, Argentina.

Notas

[1-] Amaicha del Valle, posee un microclima considerado como unos de los mejores del mundo: veranos moderados, con temperaturas medias que oscilan entre 20 ºC y 26 ºC, y máximas medias que superan los 30 ºC solo en su extensión E–O, e inviernos fríos y secos, con temperaturas medias que rondan los 8ºC y valores mínimos que rara vez llegan a 0 ºC. (Negrete, 2000). Según la clasificación bioclimática para la República Argentina (Norma IRAM 11.603.) se sitúa en la Zona IIIa: Templada cálida, con una radiación solar intensa y una amplitud térmica superior a los 16ºC. Los vientos cálidos y secos vienen del norte, los fríos y húmedos desde el sudeste. Las heladas comienzan a producirse en los primeros días de mayo, extendiéndose hasta fines de septiembre. Las lluvias alcanzan un valor anual máximo de 160 mm, registrándose el 96% de ellas en enero, La humedad relativa del ambiente muestra correlación con el régimen de precipitaciones.

[2]- Las construcciones de adobe deben su reconocida capacidad térmica, principalmente, al espesor (masa) de sus muros. Durante siglos este espesor era de 0,30 a 0,45m ó más. En las últimas décadas del siglo pasado y como consecuencia de la globalización y la pérdida de la identidad cultural de los pueblos, el ancho de los muros de adobe se reduce a 0,20m con el agregado de los encadenados sismoresistentes, tratando de reproducir las construcciones de la ciudad y sus normas técnicas de construcción.

[3]- Según el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), toda la provincia de Tucumán está comprendida dentro de la llamada Zona 2, que responde a una *Peligrosidad sísmica moderada.* Motivo por el cual se recomienda a la población construir teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en las Normas Argentinas para la Construcción Sismo resistente. (CIRSOC 103- Parte I Construcciones en general y Parte II Construcciones en Hormigón Armado).

[4-] A la penca se la pica en trozos chicos y se la deja macerar en agua durante 4 hs. aproximadamente, cuando se transforma en un líquido viscoso, se la filtra y se la coloca con brocha o pincel; con la cal se prepara una lechada, con la siguiente proporción: 3 litros de agua más 2 cucharas de cal, luego de reposar unas horas queda un líquido semi espeso de color blanco.

[5-] El plasticor es una pre-mezcla de cal y cemento a la que se le agrega arena y agua; está reemplazando al mortero de barro en las juntas de asiento y en los revoques. Para el estudio se trabajó con las proporciones que acostumbran en el lugar. El inerthol 5 Sil, producto industrializado y comercializado por Sika; es una pintura a base de siliconas que se la aplica diluida en agua al 10%. Su elección se debe a los buenos resultados obtenidos en estudios anteriores realizados por integrantes del CRIATiC. (Ferreyra et al, 2004). Técnicas alternativas de impermeabilización para muros de adobes tradicionales).

Currículo

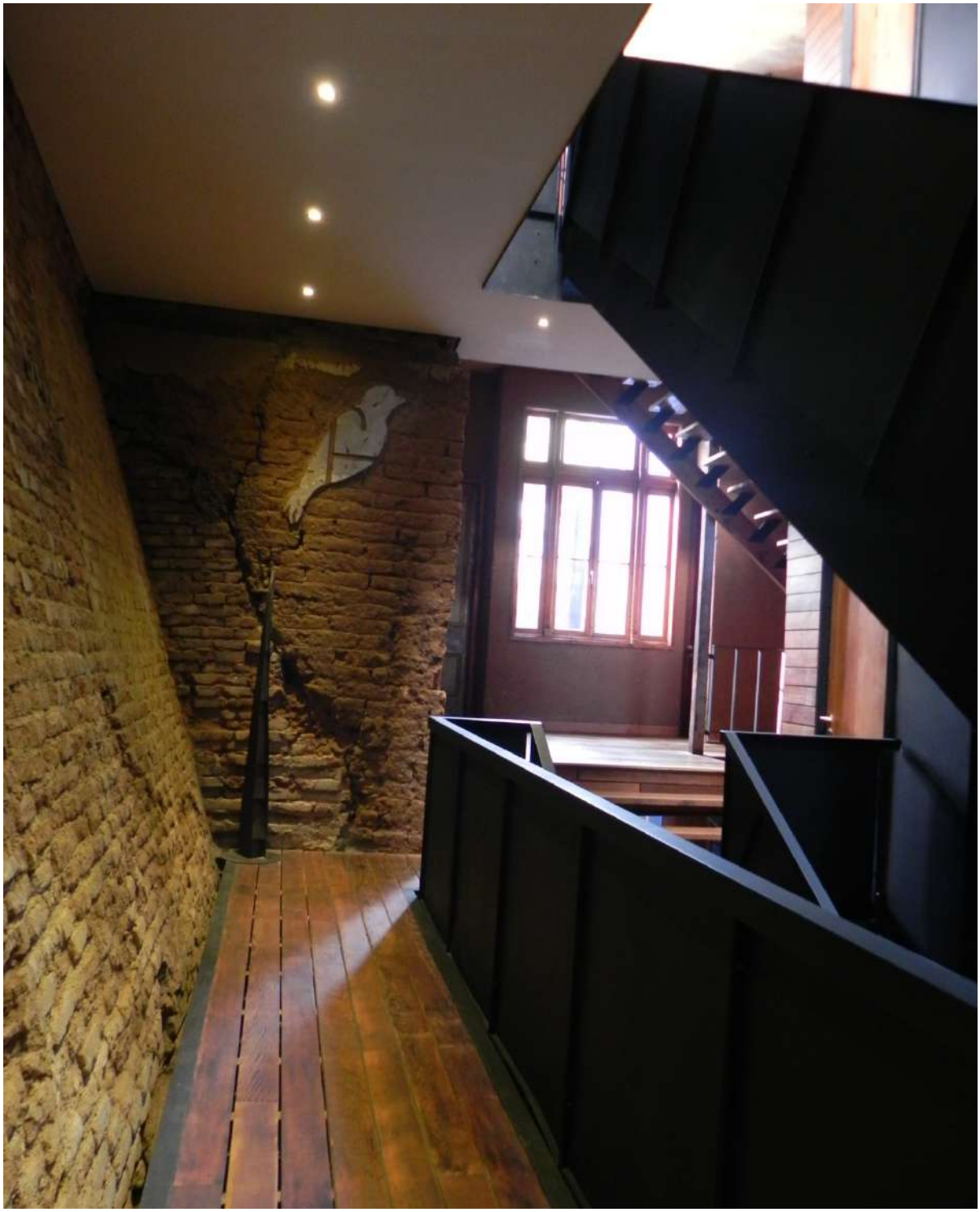
Mirta Eufemia Sosa: Arquitecta - Máster DPEA (Diplome Prope d'Architecture) - CRATerre, Doctorando FAU-UNT. Prof. Adjunta Cát. Construcciones I - Arquitectura de Tierra Cruda - FAU-UNT. Directora Proyecto Investigac. de Ciencia y Técnica de la UNT (CIUNT) – Investig. Proy. Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnológica (ANPCyT). A cargo Co-conducción CRIATIC-FAU-UNT. Miembro PROTERRA, ISCEAH-ICOMOS y APTI - E-mail: mirta_sosa@hotmail.com.

Stella Maris Latina: Arquitecta - Maestrando Carrera Auditoría Energética FAU-UNT- Prof. Adjunta Cát. Construcciones I, Arquitectura de Tierra Cruda y Práctica Profesional Asistida (Práctica de Extensión) FAU-UNT – Investig. Proy. Investigac. de Ciencia y Técnica UNT (CIUNT) y de Agencia Nacional Promoción Científica y Técnológica (ANPCyT) - A cargo Co-conducción CRIATiC–FAU-UNT; Miembro PROTERRA - E-mail: smlatina05@gmail.com

Irene Cecilia Ferreyra: Arquitecta - Cursado completo Carrera Magíster "Hábitat y Vivienda" Facultad Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional Mar del Plata (UNMP)- Docente (Jefe Trabajos Prácticos) Cát. Construcciones 1 - Integrante de Proyectos acreditados: CIUNT y ANPCyT – Integrante del CRIATiC-FAU-UNT – E-mail: icferreyra@gmail.com

Josefina del Huerto Chaila: Arquitecta - Doctorando Facultad Arquitectura, Urbanismo y Diseño- Universidad de Mendoza. Investig. en proyectos CIUNT, ANPCyT y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Colaboradora del CRIATIC-FAU-UNT- Miembro Comité Científico Internacional de Patrimonio Arquitectónico de Tierra (ISCEAH-ICOMOS) - E-mail: jochaila@yahoo.com

Maria de los Angeles Castellote: Estudiante avanzada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT)- Becaria Proyecto de Investigación CIUNT – UNT - E-mail: maria_castellote@hotmail.com.



Arquitectura contemporánea con tierra

ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA EDIFICACIÓN EN FASE DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE LA EDIFICACIÓN CON TIERRA. El caso de una vivienda unifamiliar de tapial construida en el pre-Pirineo español

Àngels Castellarnau Visús

Arquitecta y co-directora de PERIFERIA. arquitectura y sostenibilidad scp.
Avda. Duque de Bivona 6, 22800 Ayerbe, Huesca. España.
Teléfono +34 974380829, +34 630726062
acv@periferia.com.es

Palabras claves: construcción con tierra, energía incorporada en la construcción (building embodyed energy), emisiones CO_2, análisis ciclo de vida.

Resumen

La *energía incorporada* en la edificación corresponde a la energía primaria consumida en la extracción, manipulación, transporte y puesta en obra de los materiales de construcción. Ésta se mide en MegaJoules (MJ) por kg o por superficie de construcción, o en su equivalente kilo Watt hora (kWh) (1 kWh = 3,6 MJ) (Argüello Méndez; Cuchí Burgos, 2008).

Los distintos gases emitidos a la atmósfera, se miden en kilogramos de emisiones de CO_2 equivalentes producidas, su cuantificación informa del potencial de calentamiento global. (Argüello Méndez; Cuchí Burgos, 2008)

La edificación *casi cero emisiones* pretende reducir la el impacto ambiental de la edificación en todas sus fases, construcción, uso y demolición. La mochila energética que llevan los materiales de construcción es considerable. La manera más eficiente de reducirla es utilizar materiales locales poco manipulados, éstos son los materiales que llamamos de *kilómetro cero*. La tierra como material de construcción puede ayudarnos a conseguir menor impacto ambiental de nuestras edificaciones, como lo hizo en el pasado.

El presente artículo desarrolla el estudio comparativo que evalúa el "impacto ambiental" de una edificación diseñada de forma convencional y que cumple las prescripciones del Código Técnico de la Edificación (CTE), versus la misma edificación diseñada y construida en tierra con la técnica del tapial y con criterios constructivos que persiguen de forma consciente la reducción del impacto ambiental de la misma, y que también cumple el CTE.

1. PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Los flujos de los recursos que tienen lugar en los procesos edificatorios, permiten relacionar la edificación con su incidencia medioambiental.

A lo largo de la historia se han ido sustituyendo los materiales locales por otros que se obtienen por procedimientos de extracción más potentes, que provienen de zonas más alejadas y que conllevan un proceso de producción más sofisticado. Estos materiales suponen un mayor coste energético y un mayor impacto ambiental. La cuantificación de estos impactos permite la evaluación de las futuras mejoras.

1.2 Estado del arte

En España en 2006 aparece el Código Técnico de la Edificación (de obligado cumplimiento) éste persigue la limitación de la demanda energética de los edificios. En su desarrollo se ha implementado la etiqueta energética que permite, a partir de la aplicación de los programas LIDER y CALENER, la cuantificación de las emisiones de CO_2 en la fase de uso de la edificación a evaluar en fase de proyecto.

En el año 2013 está prevista la entrada en vigor de la modificación del CTE en su documento básico HE relativo a la justificación de la eficiencia energética de la edificación, lo que supondrá la certificación energética con la emisión de la etiqueta energética correspondiente de la edificación una vez ya construida, en relación al uso de la edificación.

Hasta la fecha no existe normativa que incida en el cierre de ciclo de materiales y la cuantificación de los impactos derivados de la construcción de la edificación.

La obtención de datos de los ciclos de vida de los materiales es de gran complejidad, pero existen bases de datos a nivel europeo y español que permiten hacer un pre-dimensionado y, como en este caso, un estudio comparativo. Este estudio permite detectar los puntos débiles en cuanto a gasto energético y emisiones de CO_2 de los sistemas constructivos que utilizamos y evaluar posibles mejoras.

A pesar de que los datos absolutos difieren de la realidad puesto que los datos precisos del ciclo de vida de los materiales varían según la localización de la obra y la procedencia exacta de los materiales colocados en obra, a partir de los datos que tenemos podemos realizar:

- Una evaluación del global de consumo energético y emisiones de CO_2 a lo largo del ciclo de vida de los materiales utilizados en la construcción de un edificio concreto, con el fin de evaluar la eficiencia energética de la fase de construcción.
- Un estudio comparativo de impacto ambiental de los sistemas constructivos.
- Cuantificar la incidencia en el impacto de la selección de los materiales del edificio con criterios de reducción del consumo energético y emisiones a la largo el ciclo de vida de los mismos.
- Impulsar sistemas constructivos de baja carga energética como es el caso de la construcción con tierra basándose en su bajo impacto ambiental.

En este caso dado que no se cuenta con una base de datos que recoja los datos del sector productivo en Aragón, se ha utilizado la base de datos metaBASE(1) del Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya (ITeC), en concreto el Banco BEDEC. Esta base de datos nos proporciona información de los indicadores de gasto energético y emisiones de CO_2 de los materiales y de los procesos de ejecución utilizados de cada elemento o sistema constructivo.

1.3 Objetivos

El objetivo general de la investigación es demostrar y cuantificar la reducción de la energía incorporada en fase de construcción de una vivienda gracias a la utilización del Tapial como muro de carga.

Los objetivos específicos son:

- La cuantificación del gasto energético y las emisiones de CO_2 de del sistema constructivo de la tapia en comparación con un sistema de muros de carga de bloque cerámico aligerado tipo termoarcilla.

- La identificación de los capítulos de la obra en los que la selección consciente de materiales supone una reducción significativa de las emisiones de CO_2 derivadas de la construcción de una edificación concreta.

2. METODOLOGÍA

Se redacta un Proyecto Básico y de Ejecución de una vivienda unifamiliar entre medianeras en el que se detallan los elementos constructivos. La vivienda estudiada está ubicada en la localidad de Ayerbe en la provincia de Huesca en el Prepirineo Aragonés, al noreste de la península ibérica. La zona climática en la que se ubica la edificación según la clasificación

Köppen en una Cfa que corresponde a un clima templado sin estación seca con un verano caluroso.

En base a las mediciones redactadas para del proyecto, de la vivienda se plantean sendas hipótesis.

En la primera hipótesis (o el proyecto original) los muros de carga de las plantas baja y primera se resuelven mediante un muro de triple hoja, la hoja interior es de bloque cerámico aligerado tipo termoarcilla, la intermedia un aislamiento térmico de poliestireno extrudido y la hoja exterior de ladrillo hueco doble cerámico.

En la segunda hipótesis se sustituye el muro de carga por un muro de tapia hecha a base de una mezcla de tierra y paja local y calicostrada (revoco o costra que se construye a la vez que la tapia) con mortero de cal.

Se obtienen los valores globales de gasto energético y emisiones de CO_2. A continuación se acotan los capítulos de las mediciones que no varían en función del sistema constructivo, serán una constante.

De la base de datos BEDEC se obtienen los datos de los sistemas constructivos; los que no aparecen en esa base se crean mediante los datos unitarios obteniendo por asimilación tanto los datos de los materiales como de su puesta en obra.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Descripción de los sistemas constructivos

La vivienda unifamiliar evaluada consta de una planta semienterrada, una planta baja y una planta bajo-cubierta.

Hipótesis 1:

Esta hipótesis corresponde a una edificación convencional, edificada con los materiales y los sistemas constructivos habituales en la actualidad y en la zona.

Se trata de una edificación de muros de carga de bloque de cemento armado y relleno de hormigón, que arranca desde una cimentación corrida de hormigón armado bajo muros, uno de ellos contiene una calle por la que circulan vehículos. Sobre estos muros se construye un forjado unidireccional de semi-viguetas de hormigón armado y bovedilla de cemento. Sobre los muros arrancan los muros de carga de bloque cerámico aligerado de 24 cm en la hoja interior, un aislamiento de poliestireno de 5 cm y una hoja exterior de ladrillo hueco doble cerámico. El revestimiento exterior será un revoco de mortero de cemento y el interior un enyesado.

Las estructuras de techo de planta baja y de cubierta se resuelven mediante forjados unidireccionales de semi-viguetas de hormigón y bovedilla de cemento. El aislamiento de cubierta será 5 cm de poliestireno extrudido y la cobertura será de teja cerámica mixta.

La carpintería exterior es de aluminio con vidriería de doble vidrio con cámara.

Hipótesis 2:

Se construyen los muros de sótano y su cimentación a base de hormigón en masa. En la cabeza de éstos muros se construye un zuncho de HA en el que descansa un forjado de vigueta de HA, rasillón cerámico y capa de compresión de 5 cm. Sobre estos muros arranca un muro de tapia de tierra y paja locales construido con costra interior y exterior de mortero de cal.

Los forjados de techo de planta baja y la cubierta son de madera aserrada y descargan en unos zunchos de madera embebidos en la tapia. En la cubierta se colocará un aislamiento de lana de oveja y una impermeabilización transpirable. La cobertura es de teja cerámica mixta.

La carpintería exterior se coloca de madera de pino con vidriería con cámara tipo “climalit”.

3.2. Identificación de las partidas constantes y variables

Se han considerado partidas constantes las partidas de la medición que no varían al cambiar el sistema constructivo de los muros, forjados, etc.

Las partidas variables son aquellas sobre las que se puede incidir significativamente con el fin de reducir los impactos energéticos.

En este caso la solución del muro de carga de tapia repercute en otros sistemas como la estructura horizontal o los muros de carga/contención del sótano derivándose de este cambio una serie de modificaciones.

Al proyectar con “sensibilidad” frente a los impactos ambientales se adoptan una serie de medidas que corrigen el valor total de los impactos; es decir, al sustituir los muros de carga por muros de tierra se elimina (por una cuestión de concepto del sistema constructivo) los forjados de vigueta de hormigón armado que cargan sobre los muros de tierra, y se opta por unos forjados más ligeros y significativamente menos rígidos de viguetas de madera de pino aserrada y tabla de madera de pino.

Este cambio en el sistema constructivo de los forjados supone una minoración de las solicitaciones en la cabeza de los muros y una reducción de los empujes horizontales. El muro de tapia, se dimensiona de manera que con su espesor absorba estos empujes. Los muros de sótano, se construyen de la misma anchura pero de Hormigón en masa, así como la cimentación corrida bajo los muros. Al eliminar el hierro en los muros se busca reducir significativamente el impacto ambiental.

4. IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN

La vivienda cuenta con una superficie construida de 96,7 m^2 en el sótano y de 179,5 m^2 en la vivienda. Es decir en total se trata de una edificación de 276,2 m^2 de superficie construida.

A continuación se desglosan los datos de los impactos asociados a la construcción de la vivienda de forma comparativa entre ambas hipótesis:

Tabla 1. Desglose del peso de los materiales usados en cada subsistema de la construcción para sendas hipótesis

		hipótesis 1 (kg)	**hipótesis 2 (kg)**
1	Cimentación y saneamiento enterrado	129.886,55	128.764,20
2	Estructura	371.188,92	313.656,51
3	Albañilería	27.576,99	17.420,33
4	Cubierta	11.590,28	11.590,28
5	Aislamiento e impermeabilizaciones	1.659,68	2.838,88
6	Revestimientos y pavimentos	72.396,21	29.351,48
7	Carpintería y cerrajería	2.665,63	2.626,96
9	Pintura	122,52	122,52
10	Instalaciones	4.053,35	4.053,35
		623.944,03	**513.228,42**

Tabla 2. Desglose de la energía incorporada a la fabricación y puesta en obra de los materiales usados en cada subsistema de la construcción para cada hipótesis

		hipótesis 1 (MJ)	hipótesis 2 (MJ)
0	Movimiento de tierras	6.875,80	6.875,80
1	Cimentación y saneamiento enterrado	75.757,91	59.983,20
2	Estructura	565.162,20	250.160,50
3	Albañilería	43.675,88	22.157,52
4	Cubierta	32.444,93	32.444,93
5	Aislamiento e impermeabilizaciones	1.659,68	2.838,88
6	Revestimientos y pavimentos	60.900,28	22.813,63
7	Carpintería, vidriería y cerrajería	166.323,95	68.941,38
9	Pinturas	11.718,02	11.718,02
10	Instalación de calefacción	32.353,18	32.353,18
11	Saneamientos y evacuación	3.129,63	3.129,63
12	Fontanería	6.994,27	6.994,27
13	Electricidad	11.785,21	11.785,21
14	Ventilación	5.785,82	5.785,82
15	Telecomunicaciones	266,92	266,92
		1.024.833,66	**538.248,88**

Tabla 3. Desglose de los kg emisiones de CO_2 equivalentes derivadas de la fabricación y puesta en obra de los materiales usados en cada subsistema para cada hipótesis

		hipótesis 1 (kg de CO_2)	hipótesis 2 (kg de CO_2)
0	Movimiento de tierras	1.795,47	1.795,47
1	Cimentación y saneamiento enterrado	42.116.87	9.383,18
2	Estructura	56.288,80	26.909,87
3	Albañilería	4.482,17	2.306,33
4	Cubierta	3.490,18	3.490,18
5	Aislamiento e impermeabilizaciones	23.329,65	7.310,95
6	Revestimientos y pavimentos	6.230,31	1.841,54
7	Carpintería, vidriería y cerrajería	22.487,31	4.785,00
9	Pinturas	1.728,88	1.728,88
10	Instalación de calefacción	2.507,30	2.507,30
11	Saneamientos y evacuación	650,76	650,76
12	Fontanería	684,16	684,16
13	Electricidad	1.482,75	1.482,75
14	Ventilación	440,79	440,79
15	Telecomunicaciones	35,61	35,61
		167.751,02	**65.352,77**

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En general cabe destacar que a pesar de suponer la hipótesis 2 una reducción de un 18% del peso global de la edificación, la reducción de la energía incorporada o coste energético y de las emisiones de CO_2 es del orden de un >50%. Esto demuestra que el peso de los materiales no es proporcional al coste energético o a las emisiones de CO_2 necesarios para su fabricación y puesta en obra.

5.1. Peso de los materiales de la construcción

De los datos obtenidos se deduce que la construcción de la hipótesis 1 supone 2.260 kg/m^2 de construcción y la construcción de la hipótesis 2 supone 1.500 kg/m^2. La media de kilogramos de materiales de construcción por m^2 de edificación en España está en 2.792,8 kg/m^2.[(2)]

Hay que tener en cuenta que la construcción convencional producida en España en la última década se basa en el desplazamiento de la masa de los muros, existente en la arquitectura tradicional española, a los forjados.

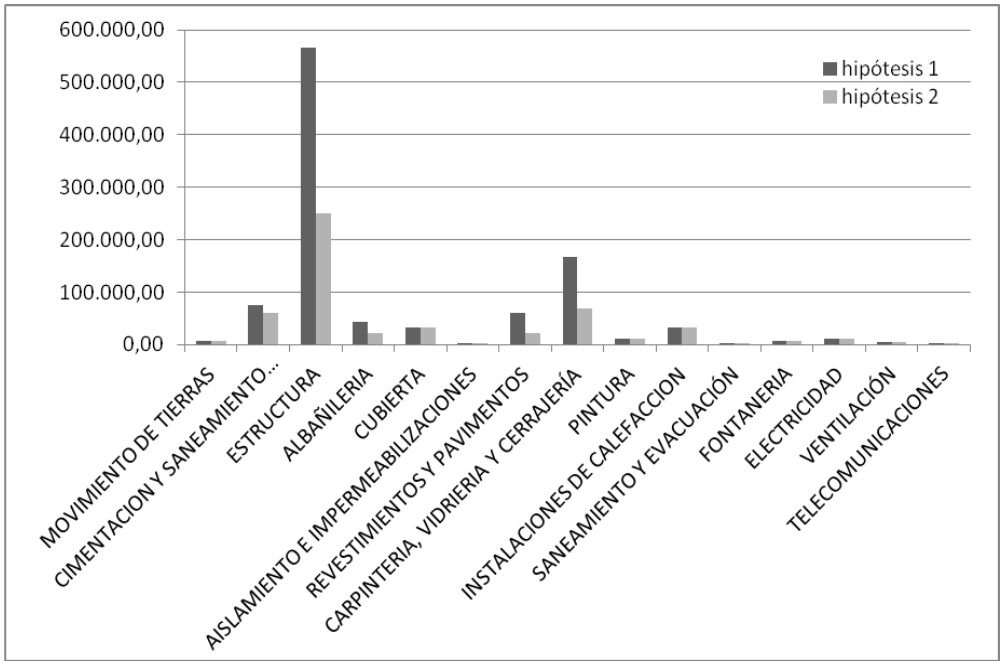
Este dato revela que los argumentos que defienden esta tendencia se contradicen con la realidad puesto que se ha pretendido aligerar los muros con el fin de reducir el peso pero la edificación en este clima obliga a la construcción masiva de los muros para protegerse del clima y esta es la forma en que se resuelve en la construcción española convencional actual.

Por otro lado, en la construcción de la hipótesis 2 el peso derivado de los muros de HM del sótano, podría en parte haberse resuelto en tapial con el fin de reducir su peso pero en proyecto no se estimó oportuno(3).

Así mismo, por cuestiones de accesibilidad en la puesta en obra, los muros de medianería y de traba de la hipótesis 2 se han tenido que resolver mediante muro de bloque cerámico aligerado, lo que supone un peso inferior que si se hubiese resuelto todo mediante tapia.

Aún así se considera que los condicionantes particulares de esta edificación se pueden equiparar a los que pueden surgir en cualquier edificación actual a construir en medio urbano, con los usos actuales de la edificación y cumpliendo la normativa de la edificación vigente.

5.2. Energía incorporada (o coste energético) de los materiales y procesos constructivos



Gráfica1: Comparativa de energía incorporada en los materiales como consecuencia de su fabricación y puesta en obra en sendas hipótesis medida en MJ

Los subsistemas que más inciden en el cómputo global del coste energético son la estructura (vertical y horizontal) y la carpintería.

En cuanto a la estructura, la selección de materiales masivos con un bajo grado de manufactura permite, como veremos una reducción significativa de la energía incorporada, así pues la tierra (*kilómetro cero*) y la madera aserrada (150 km) cuentan con una energía incorporada significativamente inferior a cualquier material industrializado y comercializado.

Sus componentes se extraen directamente de la naturaleza mediante procesos energéticamente poco costosos, el transporte está localizado (de 0 a 150 km) y en este caso el proceso de manufactura se realiza en un único emplazamiento (en el caso de la madera 1 aserradero) y se transporta directamente a la obra.

Por otro lado, merece la pena desglosar los datos del muro de fachada con el fin de evaluar de forma más pormenorizada los valores obtenidos.

Tabla 4. Comparativa de la energía incorporada y de los kg emisiones de CO_2 equivalentes derivadas de la fabricación y puesta en obra de los sistemas de fachada para cada hipótesis

	MJ	***kg de CO_2***
Muro de fachada en hipótesis 1		
Pared de cerramiento de bloque de cerámica aligerada 24	109.741,69	8.880,22
Tabicón de ladrillo hueco doble con 7 cm de espesor	31.517,64	3.186,93
Aislamiento con placas de poliestiurenoextrudido E=5 cm	16.133,85	2.382,13
Enforcado con mortero de cal - exterior	4.261,00	677,20
Enyesado a buena vista sobre parameto vertical interior	372,06	289,97
Total	**164.926,*24***	**15.416,45**
Muro de fachada en hipótesis 2		
Muro tapial caliscastrado 2 caras de tierra natural	60.202,89	5.135,03
Total	**60.202,89**	**5.135,03**

De la comparación de los valores obtenidos para sendos sistemas constructivos de fachada podemos afirmar que el muro de tapial permite un ahorro del 64% de energía incorporada a los materiales de construcción y su puesta en obra.

La introducción en los últimos decenios de materiales plásticos (poliestireno, pvc, poliuretano, polipropileno, etc.) y algunos metales (aluminio) en los sistemas constructivos supone un aumento significativo de la energía incorporada a nuestros edificios, éstos materiales contienen una energía incorporada de entre 40-180 MJ/kg (Guía, 1998). Éstos materiales se van extendiendo y desarrollando cada vez papeles más específicos en la edificación lo que explica su crecimiento.

El desarrollo de este tipo de materiales, no naturales e imposibles de integrarse en los ciclos de la biosfera, nos hace más dependientes del control de al industria sobre los sistemas constructivos[(4)], lo que supone una mayor tecnificación, por tanto manufactura y por tanto impacto ambiental, sin entrar en la obtención del material ni por supuesto en el reciclaje del mismo.

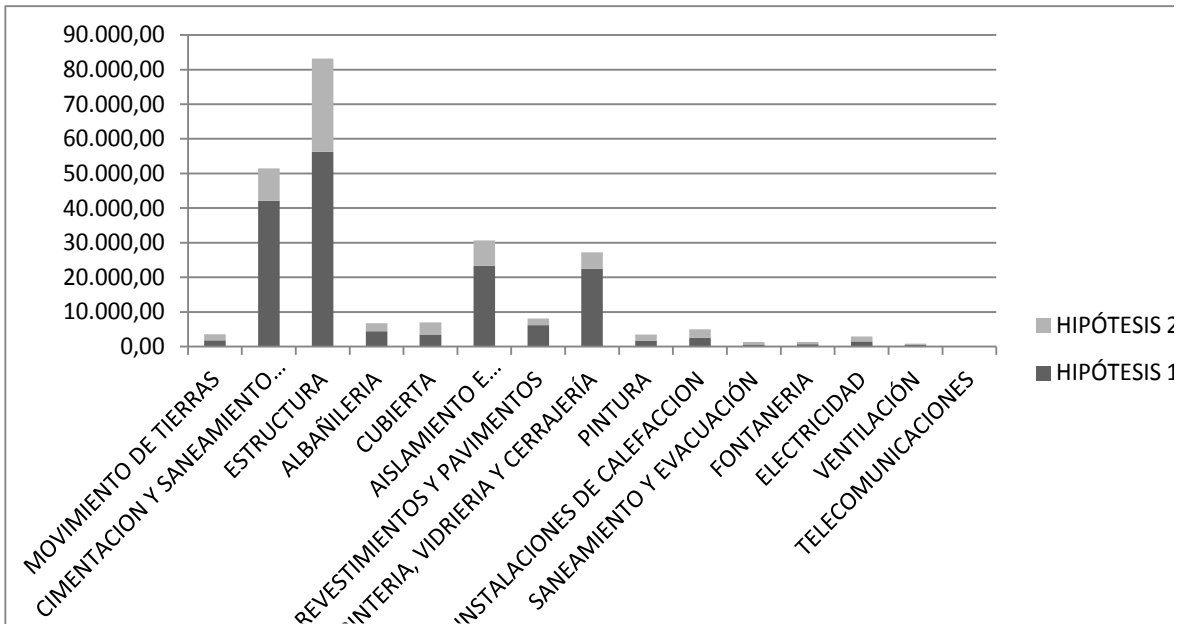
Se escapa de este estudio, por falta de datos, la cuantificación de la energía necesaria para el cierre del ciclo de los materiales, que correspondería en el caso de estas fachadas en la demolición, reutilización o en su defecto reciclaje de los materiales que intervienen en los muros.

Se puede intuir que el material del muro de tapial (mortero de cal con arena local, y tierra local estabilizada con paja) sólo conllevará la energía necesaria para su demolición y transporte de vuelta a la naturaleza. Mientras que en la demolición de los muros de termoarcilla, con los yesos y cementos adheridos y la separación del poliestireno, el cierre del ciclo material supondrá seguro un mayor coste energético.

En cuanto a la estructura horizontal, los sistemas con peores valores asociados son los forjados, las vigas y los zunchos de HA. La utilización de forjados y zunchos de madera aserrada supone una reducción del 83% de la energía incorporada a los materiales y sistemas constructivos de estructura horizontal.

Una vez más en caso de evaluar el cierre de ciclos materiales, la madera es de fácil reutilización en luces de hasta 4 m en el ámbito residencial y en su caso es de fácil reciclado.

5.3. Emisiones de CO_2



Gráfica 2: Comparativa de kg de emisiones de CO_2 equivalentes producidas a causa de la fabricación y puesta en obra de los materiales de construcción en sendas hipótesis.

En el caso de las emisiones de CO_2, vemos que los aislamientos plásticos (en este caso poliestireno) y todavía más significativamente las láminas impermeables de las cubiertas (en este caso EPDM (caucho de etileno propileno dieno) de la hipótesis 1, suponen por sí mismas un vertido de unos 15 000 kg de CO_2 equivalente a la atmósfera.

Esto se ha corregido en la hipótesis 2 mediante la colocación de aislamientos naturales de paja de cebada, lana de oveja y corcho y mediante la colocación en cubierta de una lámina transpirable de polipropileno muy ligera.

De la misma manera que en el caso de la energía incorporada, el acero y el cemento, vierten el doble de kg de CO_2 equivalente que la estructura de tierra y madera.; y como se observa en la tabla 4, el subsistema del muro de fachada vierte, en el caso de la utilización de piezas cerámicas prefabricadas y un aislante de poliestireno, tres veces los kg de CO_2 que vierte la ejecución del muro de tapia calicostrado.

Por último destacar que la carpintería de aluminio, al igual que en relación al coste energético, incide muy significativamente en las emisiones de kg de CO_2 equivalente, evitando en este caso de estudio, el vertido de un 80 % de gases a la atmósfera con la colocación de carpintería de madera. Y suponiendo, por sí mismas un 17 % del total de kg de CO_2 equivalente vertidos derivados de la fabricación y puesta en obra de los materiales de construcción en la vivienda (hipótesis 1).

6. CONCLUSIONES

El hecho de utilizar bases no adaptadas localmente hace que no se pueda precisar en cuanto a la energía incorporada de los materiales locales y poco o nada manufacturados (grava, cal, madera, tierra, paja, aislamiento de lana de oveja, revocos de arcilla). Por no tener estos datos se han despreciado estos matices en el cómputo global que seguro mejorarían significativamente los resultados.

La edificación con tierra permite la reintroducción de los materiales locales en los sistemas constructivos, a la vez que permite reducir a 1/3 las emisiones de CO_2 vertidas a la atmósfera y a 1/4 la energía incorporada, como consecuencia de la construcción de una fachada.

La aplicación de sistemas de construcción con tierra permite una serie de adecuaciones del resto de sistemas de la edificación que supone menor rigidez estructural y una menor industrialización de los materiales, dando cabida a materiales existentes en la construcción tradicional, ya sea de carácter orgánico como inorgánico. Éstos materiales, al no requerir de procesos de industrialización, al final de su vida útil son fácilmente reintroducibles en la biosfera por lo que prácticamente se consigue el cierre del ciclo material de los mismos y se reduce significativamente el impacto ambiental derivado de la construcción.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Álvarez, L., Coord. (2004). Análisis de los impactos ambientales asociados a los materiales de construcción empleados en la edificación en la isla de Lanzarote y propuesta desde una perspectiva ambiental, *Life Lanzarote* 2001-2004, Cabildo de Lanzarote, Programa MAB UNESCO, p. 122.

Argüello Méndez, Teresa del Rosario, Cuchí Burgos, Albert. *Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED*. Informes de la Construcción, Vol. 60, 509, 25-34, enero-marzo 2008.

Cuchí Burgos, Albert. *Arquitectura i sostenibilitat*: TTS, Ediciones UPC, Barcelona, 2005.

Guía de la Edificación Sostenible (1998), Institut Cerdà. MOPU.

Notas

[1] Metabase, Banco BEDEC, ITeC (Instituto Tecnológico de Cataluña). www.itec.es

[2] Dato obtenido de un estudio por el CIES (Centre d'Iniciatives per a l'Edificació Sostenible en el que se evaluaron 200 edificios del total de proyectos visados en el COAC (Colegio Oficial de Arquitectos de Catalunya) en tres años. Citado por Albert Cuchí Burgos en Arquitectura y Sostenibilitat , pag. 52. Ed.UPC.

[3] En concreto la fachada norte no enterrada. Los forjados del sótano, de uso aparcamiento, en cumplimiento de la normativa de incendios vigente CTE- DB-SI, deben de tener una resistencia al fuego no alcanzable de forma económicamente razonable con una solución de madera, por ello se resuelve con un forjado de hormigón y cerámico.

[4] Concepto desarrollado por Albert Cuchí Burgos en Arquitectura y Sostenibilitat, pag. 58. Ed.UPC.

Currículo

Àngels Castellarnau Visús, Arquitecta, doctorando *Energía y Medio Ambiente en la Arquitectura* de la Escuela Técnica de Arquitectura de Barcelona. Realiza investigación en los ámbitos de las arquitecturas del agua, la gestión de recursos en el territorio y la construcción con tierra. Codirectora del estudio de arquitectura PERIFERIA. arquitectura y sostenibilidad scp.

HABITAR EN EL SECANO MENDOCINO.
LA TIERRA CRUDA COMO VEHÍCULO DE HABITABILIDAD

Virginia Miranda Gassull, María Elina Gudiño

Instituto de Cartografía Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT) Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. arq.vmiranda@gmail.com, marilyngudino@yahoo.com.ar

Palabras claves: hábitat social, tierras secas, construcción colectiva, tierra cruda, adobe.

Resumen

El siguiente artículo se enmarca en el proyecto de investigación "Hábitat de producción social en tierras secas del norte de Mendoza" en el PID 08/09 de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Mendoza. Tiene como objeto valorar los procesos del hábitat en zonas no irrigadas, el que presenta características particulares respecto a su forma de gestión (autoproducidas y autogestionadas) y su adaptación al territorio (técnicas constructivas con tierra cruda: adobe y quincha, galerías en su exterior: espacios de transición y aberturas de dimensiones reducidas para disminuir la perdida de calor o frio según la época del año).

En primer lugar, este artículo aproxima los primeros resultados de los relevamientos realizados sobre la técnica constructiva del adobe y las características propias de la población que la utiliza. En segundo lugar se establece la relación que existe entre la viabilidad del uso de la técnica en la Provincia de Mendoza y la realidad de la población del secano[1.]

1. INTRODUCCION

Las posibilidades de habitar en zonas no irrigadas no es tarea fácil, resulta una proeza vivir con lo escaso. Las poblaciones que habitan en tierras secas presentan características de adaptación al entorno particulares, específicamente en la construcción de su hábitat. Si bien estos procesos de adaptación a veces surgen como única posibilidad de subsistencia (derechos humanos vulnerados), existen saberes propios capaces de ser valorizados. El siguiente artículo expresa cómo la utilización del adobe ha sido un vehículo de adaptabilidad en poblaciones marginales, ajustando su vivienda a las implicancias de un territorio árido.

El departamento de Lavalle al norte de la provincia de Mendoza es un departamento principalmente rural (96% de la población), con un centro urbano llamado villa cabecera o "Villa Tulumaya". En este territorio, al igual que el resto de la Provincia, existen dos zonas claramente marcadas: zonas irrigadas y zonas no irrigadas del departamento (representan aproximadamente el 97% del departamento), determinadas por la relación que existen entre la naturaleza (presencia del recurso hídrico) y las características socioculturales que habitan en estos territorios.

En el territorio no irrigado, actualmente, habitan once comunidades Huarpes, reconocidas por el Instituto Nacional de Asuntos Indígenas (INAI) en el marco de la ley 23.302 y ley 6920/08 y la aprobación de la personería jurídica de cada comunidad por el Consejo Participación Indígena (CPI).

La pobreza hídrica condiciona las formas de vida de la población del secano, así como las costumbres arraigadas de su cultura. Las comunidades se encuentran dispersas en el territorio no irrigado (noreste) presentando diferentes manifestaciones de habitabilidad entre dichas comunidades. Se ubican tres polos de asentamientos predominantes: conjunto de caseríos ubicados con una distancia relativamente centrada, como son los parajes de Asunción, San José y Lagunas del Rosario. Los otros parajes habitan de formas más dispersas, con puestos "mimetizados" entre dunas y jarillares, teniendo como referencia la ubicación de las escuelas primarias (lugares donde esporádicamente funcionan las postas sanitarias), iglesias o centros comunitarios.

La zona de estudio (Figura 1) se ubica en el sector rural secano al norte del departamento, abarcando los distritos de Asunción, Lagunas del Rosario, San Miguel y San José. Esta zona tiene una población de 3015 habitantes con un índice de NBI[2] (necesidades básicas insatisfechas) del 62%. (Según D.E.I.E. en base a datos del Censo de Población, Hogares y Vivienda 2001).

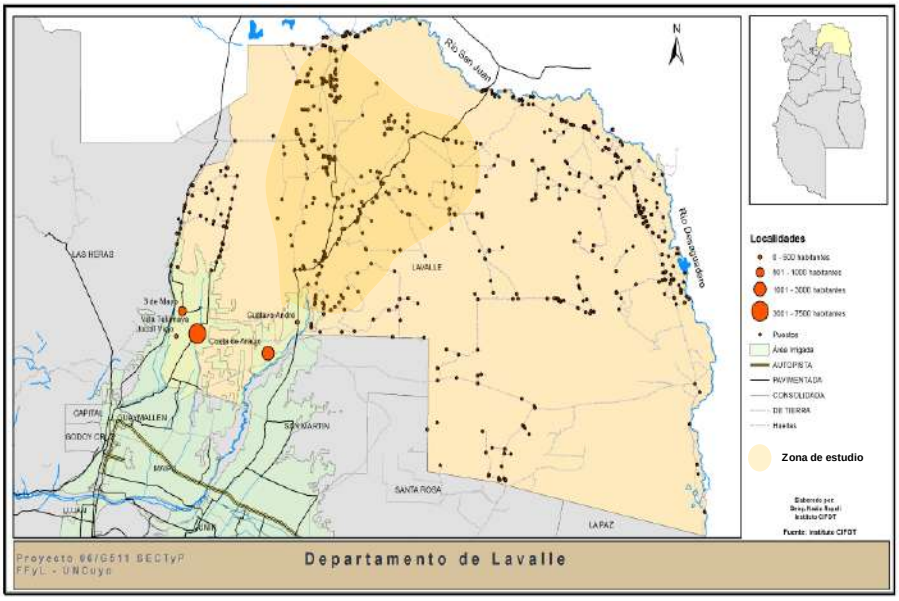


Figura 1. Zona de estudio en mapa de ubicación de puestos del departamento de Lavalle. Instituto CIFOT, UnCuyo. 2012. Coordenadas: 32º 11` - 32º 42`Lat. Sur, entre 67ºy 68º longitud Oeste

Las viviendas son mayoritariamente de adobe y quincha, son autoconstruidas (gestión social) por las familias (conocimiento heredado tras generaciones) y carecen en su mayoría del acceso a los servicios básicos. Según las encuestas permanentes de hogares, población y vivienda, son consideras viviendas de tipo B o “ranchos”, siendo insatisfactorias para la habitabilidad. Estos indicadores muchas veces obvian viviendas que denotan un claro conocimiento de las técnicas naturales y adaptación al territorio, pero con un avanzado estado precarizado en sus revestimientos, condiciones de techos, falta de locales para mejorar la habitabilidad interna y mejoramiento de locales húmedos siendo necesario conseguir recursos para el mejoramiento del puesto, antes que la construcción de una vivienda nueva.

2. MARCO TEORICO

Decía Albert Einstein que *el mundo que hasta este momento hemos creado, como resultado de nuestra forma de pensar, tiene problemas que no pueden ser resueltos pensando del modo en que pensábamos cuando los creamos.*

Se toma la posición epistemológica crítica, entendiendo que la verdad se trata de una construcción social y se relaciona con el saber-poder. Se aspira a una paulatina articulación crítica de las formas de producción del conocimiento que se han visto históricamente invisibilizadas: saber popular con la investigación científica. Esta articulación se define como critica porque implica enfrentar las formas de alienación e ignorancia que se alojan en la cultura popular, además de criticar las formas de construcción del saber científico que muchas veces ha sido un instrumento de dominación y de la valoración paternalista, respecto del saber "no científico" (Campos, 1990, pag.132-134).

Los saberes populares del secano son abarcados a partir de teorías que resignifican el «habitar» y su relación con el medio ambiente que los rodea. Se toma la noción de Lefebvre, donde «habitar» es entendida como la idea de apropiarse de un espacio. Según este autor el sentido del «habitar» sólo se recupera gracias al fin del reduccionismo que condujo en el

siglo XIX a concebir el 'lugar de habitación' como una función simplificadora que limita el habitar del ser humano a ciertas actividades elementales: comer, dormir, reproducirse. Se recupera la propia construcción de una «dimensión primordialmente 'poética' de apertura del ser», pues habitar no es alojarse, no es una función accidental del hombre sino una de sus manifestaciones esenciales (Gonzalez Ordovas, 1998). Al habitar, el ser humano expresa que está construyendo su lugar, territorio y formas de vida para poder identificarse con ellos, sentirse parte y a la vez pertenecerles, enraizarse ahí y de igual forma proyectarse a partir de ahí. Por consiguiente, habitar no solamente tiene un significado espacial, sino multidimensional. (Chardon, 2010, pag.4).

A lo largo de la historia, Waser afirma que las poblaciones que habitan las zonas áridas constantemente han tenido que ajustarse para vivir dentro de las limitaciones físicas de su territorio. Esto denota en una claridad de las grandes implicaciones y la compatibilidad de la estructura con el clima y el lugar, además de la habilidad de los habitantes del secano para funcionar con lo escaso y lo suficiente. Como expone Etzion, el hábitat se comprende como un territorio que da lugar a una forma de vida particular, a un tipo de hombre, a una forma de relación del cuerpo con el paisaje desértico, a una arquitectura de extremos, a un espacio de recorrido inmenso y de grandes distancias. (Guerra Ramírez, 2003).

3. METODOLOGIA

Se utilizan dos tipos de técnicas para la recolección de datos. Las técnicas cuantitativas utilizadas son las encuestas y relevamiento de casas – puestos en las localidades de estudio. Además de realizar muestras de material in situ en la participación de algunas construcciones comunitarias.

Las técnicas cualitativas que se utilizan son la observación participante, entrevista en profundidad e historias de vida para la reconstrucción de los procesos históricos del hábitat.

El muestreo será no probabilístico, de tipo intencional, debido a que los casos seleccionados fueron elegidos por su relevancia para permitir la captación compleja de los fenómenos a través del análisis en profundidad desde enfoques interdisciplinarios.

4. LÓGICA HABITABLE DEL SECANO MENDOCINO

La lógica habitacional del secano está compuesta por una unidad física determinada en: *casas y puestos*. La diferencia radica en la actividad económica que realiza la familia.

Los *puestos* son aquellos caseríos que se encuentran dispersos entre sí, donde las familias practican la actividad ganadera caprina, ubicando la vivienda cerca de los corrales donde tienen sus animales. Mientras que las *casas* por lo general no tienen animales, se ubican más cercanas entre sí, aproximadamente de 60 m a 90 m de distancia entre viviendas. Las familias que viven en las casas por lo general practican artesanías en cuero, en cerámica, telares o tienen cargos en las instituciones del Estado (figura 2).

Los puestos y viviendas tienen un límite establecido por la actividad que realizan como medio de subsistencia, que implica una determinada cantidad de tierra según criterio familiar. La tierra carece de un valor económico individual por ser Comunidades Originarias. No existe la propiedad privada y no se puede lucrar con la tierra designada. La ubicación tanto de las viviendas como de los puestos es establecida por cada familia, la cual mediante asamblea, consulta al Consejo de la Comunidad, la posibilidad de establecerse en el lugar elegido.

Se puede observar que en las localidades más pobladas, las viviendas se ubican más cercanas entre sí, estableciendo como un “centro” en la comunidad (figura 2). En estas zonas es donde se ubica la iglesia, la posta sanitaria y la escuela albergue del lugar. Si bien muchas familias pueden vivir en estos “centros comunitarios”, la mayoría tiene un puesto familiar disperso en la zona donde tiene sus animales.

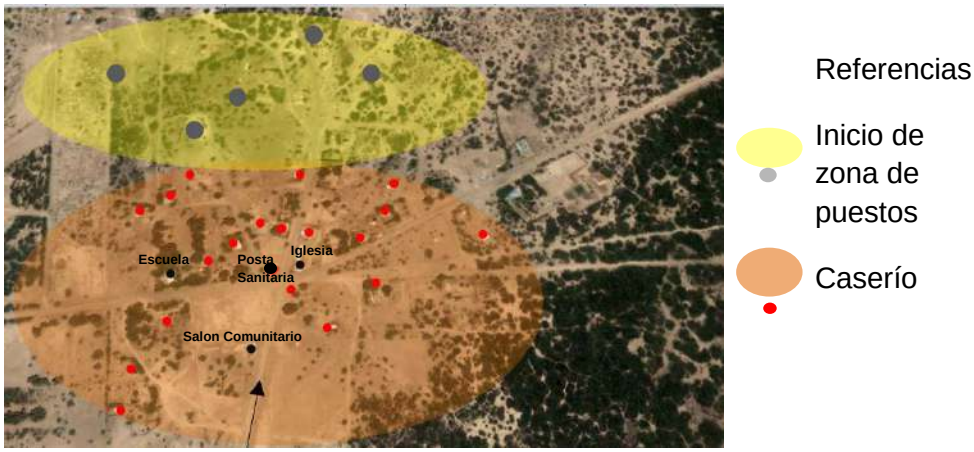


Figura 2. Localidad de Asunción, ejemplo de caserío “centrado”. Foto del autor, 2013

4.1. Modulo base

Los relevamientos han determinado una unidad base que se repite en varias de las casas o puestos estudiados, determinando un módulo básico tabla 1 y figura 3). El modulo base de adobe relevado indica una longitud de los vanos de 3,50 m ancho x 5,60 m de longitud con una altura de 2,40 m.

Todas las construcciones presentan galerías abiertas al exterior de la entrada principal, con dimensiones promedio de 5,60 m x 3,00 m de ancho y altura de 2,40 m. El techo es una enramada realizada con cañas atadas con alambre y apoyadas sobre rollizos que se unen con columnas cada 2,00 m aproximadamente. Las galerías son utilizadas todo el año para realizar actividades tales como tejido, artesanías o actividades sociales, ya que la mayoría del tiempo se transcurre en estos recintos.

Las ventanas son de tamaño reducido, la medida módulo es de 0,55 m x 0,55 m. Éstas se encuentran en los laterales de la vivienda, centrándose en el módulo del vano cerrado con adobes. Esta es una característica particular de la zona por las condiciones climáticas adversas del lugar, que presenta una amplitud térmica de 10 grados entre el día y la noche.

En el exterior de la vivienda se ubica el baño letrina, que consiste en un cierre de 2,00 m de altura, y de 1,50 m de ancho y largo. El cierre es de caña o palos de algarrobo atados por alambre, sin puerta y sin techo. En el interior se observa un pozo, y en su superficie se coloca un asiento (cajón de madera, plástico). No tiene conexión higiénico-sanitaria.

Además muchas casas y puestos presentan el exterior un espacio de unos 5 m^2, al que llaman “cocinita o fogón”. Este espacio es realizado con cierre de caña de 2,00 m de alto con un ancho de 2,00 m y largo de 2,50 m. El techo es una enramada de caña, y en algunos casos presenta un nylon cobertor. Este recinto tiene piso de greda, y en el centro el espacio destinado al fogón, generalmente con una parrilla para el apoyo de los recipientes. El fogón es un espacio muy utilizado por las familias, sobre todo en épocas estivales, para evitar los humos internos. También es utilizado por los artesanos para realizar sus tareas con tranquilidad.

Tabla 1. Dimensiones del módulo base de la vivienda

	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Material
Vivienda	3,50	5,60	2,40	adobe
Galería	3,00	5,60	2,40	madera algarrobo
Carpintería	0,20	0,55	0,55	madera algarrobo
Baño Letrina	1,50	1,50	2,00	caña y paja
Cocinita-Fogón	2,00	2,50	2,00	caña y paja

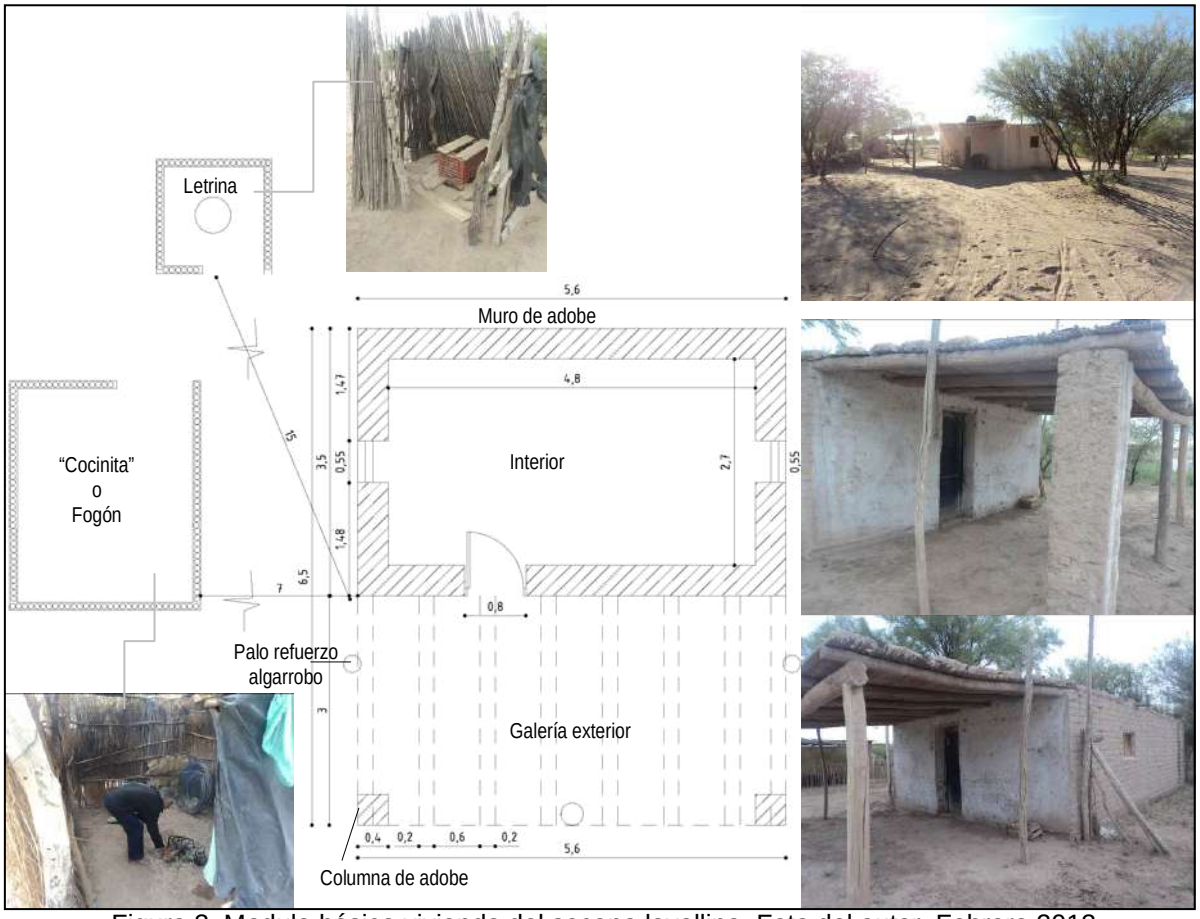


Figura 3. Modulo básico vivienda del secano lavallino. Foto del autor, Febrero 2013

El hábitat es producido socialmente, ya que por tradición, la construcción de la vivienda es realizada por la propia familia. Por lo general son los hombres los que realizan las actividades más pesadas, acompañado por sus hijos y amigos. Las técnicas son transmitidas por generaciones, y aprendidas como única posibilidad de habitabilidad.

Las viviendas se realizan de forma lenta, en la medida que se pueda ir avanzando en las tareas de la construcción, pueden llegar a tardar hasta un año para terminar el cerramiento de una vivienda.

Por lo tanto las viviendas tienen un costo muy bajo, ya que la mano de obra es propia, y los materiales son extraídos del lugar, solo se compra la madera y caña. Además se suma que la tierra es comunitaria, por lo que no tiene un valor monetario para acceder a ella.

Existen algunos casos, donde se puede observar la posibilidad de viviendas realizadas con materiales cocidos, comprados en los centros urbanos cercanos al sector. Un ejemplo de ello es en la localidad de Lagunas del Rosario, donde se realiza un proyecto de "Hábitat" con fondos nacionales, para la construcción de viviendas, el cual otorga un crédito que financia un porcentaje muy bajo del valor de la construcción (10%). Este crédito justifica los gastos a partir de la compra de materiales, por lo que algunas familias debieron utilizar el ladrillo y materiales comprados en corralones para acceder al crédito, ya que éste no contempla la posibilidad de utilización de materiales propios del lugar y las técnicas de tierra cruda.

5. CONSTRUCTORES DE LA TIERRA CRUDA

Las comunidades Huarpes en su dialecto millcayac denominaban a la casa como "hutu": el lugar donde vive la persona. Antiguamente la técnica que utilizaban para la construcción de sus viviendas era la quincha realizada con jarilla o zampa blanca[3] (actualmente prohibida por la ley de Bosques ley 6473/97[4]. Esta técnica es utilizada raramente para la construcción

de viviendas, sino más bien es utilizada para espacio de servicios anexos a las viviendas (baño y cocina-fogón) que se ubican en el exterior, denotando una construcción precaria, sin estructuras resistentes al sismo.

5.1. Adobe

La técnica que se utiliza en la actualidad es el adobe, y en menor medida la quincha y el ladrillo cocido. En muy pocos casos utilizan una estructura adecuada que responda a las condiciones de sismoresistencia exigidas por los códigos de edificación de la provincia. Esta situación está determinada por la prohibición descripta previamente, que no permite el corte de algarrobo (flora autóctona que era utilizado hace 20 años atrás como estructuras de la vivienda, presentando buenas características de resistencia). Sumando a esta situación, no existe provisión de materiales (corralones, empresas constructoras) en el lugar que abastezcan con materiales como madera, cañas, áridos etc.

En su mayoría los cerramientos de las viviendas se realizan con adobe, realizando una traba a lo largo y alto del muro, amarrando las esquinas con un aparejo de soga simple. Estas son hileras únicas de adobe donde se muestra el canto, mientras la cabeza (testa) va al lado de la cabeza del siguiente adobe, entre ellas se coloca el barro de unión (figura 4). En las viviendas más antiguas se utiliza la hilera doble de adobe (muros de 40 cm). Las hiladas se traslapan en un 50% del largo del adobe para formar la traba. La mezcla o mortero de unión se hace con la misma mezcla que se utilizó en el adobe (barro empajado) de 2 cm promedio entre adobe y adobe tanto en la cara horizontal o tabla como las verticales que coinciden con la testa y los cantos.

Figura 4. Aparejo de soga del adobe. Foto del autor, Febrero 2013

La mezcla se hace con greda del lugar, a la cual se le agrega guano de caballo o paja de hormiga (la hormiga acarrea lo que se le llama “tabaco de hormiga”[5], que son los restos más pequeños de la plantas. Es muy buena mezcla ya que tiene esencia de jarilla (Larrea cuneifolia), retamo (Bulnesia retamo), chañar (Geoffroea decorticans) y algarrobo (Prosopis flexuosa). Este material deja que quede bien dura la mezcla. La dificultad es encontrar grandes cantidades para realizar la mezcla necesaria para la construcción de toda la vivienda.

La tierra o greda (como la denomina la gente del lugar) es arcillo-arenosa siendo adecuada para la construcción según pruebas in-situ antes de una obra realizada en las comunidades. La metodología utilizada para las muestras es la “prueba de selección”, cuyo resultado es conocer la calidad de la tierra a utilizar y si es apropiada para producir los adobes. Estas pruebas incluyen la de granulometría (prueba de la botella), prueba de plasticidad (prueba del rollo) y prueba de resistencia (prueba del disco).

La greda que se encuentra en el secano es por descomposición mineral secundaria (se encuentra en esta zona por desplazamiento). La greda es coloide, tiene partículas muy pequeñas y ovaladas. Según pruebas de granulometría figura 5a (la prueba consiste en colocar en un recipiente tierra y agua para observar la proporción de los componentes principales de la tierra) existe una proporción similar entre las partículas de arena y las partículas de limo y arcilla. Esto denota la necesidad de agregar arena en la mezcla para

mejorar la estructura de la misma. Las pruebas de plasticidad indican que la tierra es de calidad, siendo adecuada para el uso de mezcla en adobe, figura 5b (la prueba consiste en realizar rollo de tierra humedecida y suspenderlo en el aire hasta que se corte. Luego se mide la longitud de corte de los rollos para determinar la calidad de la tierra). Respecto a la resistencia de la mezcla, figura 5c, la prueba dio como consecuencia una mezcla de alta resistencia. Este resultado se obtiene después de haber elaborado 3 discos de tierra de 3 cm por 1,5 cm de espesor, y dejarlos secar 48 horas, se comprueba que la muestra no se rompe por el centro, indicando dificultad de corte.

Figura 5. Pruebas de selección de la tierra. Foto del autor, Febrero 2013

La mezcla de adobe se hace en una posada de barro, donde se coloca la greda, arena de los médanos y se le hecha bastante guano. La cantidad que se agrega es aproximadamente en un 20% del volumen para el guano y un 10% de arena. Luego se pisa el barro, caminando sobre la mezcla o se puede pisar con los caballos según la dimensión de la posada. Una vez realizada la mezcla se deja reposar 48 horas, luego se da una vuelta, dejándola reposar por 24 horas más. Al tercer día se coloca en las adoberas (moldes) que por lo general no tienen fondo, se apoya sobre el tendal para luego retirar los moldes y dejar los adobes secando por dos días.

El adobe es mayoritariamente moldeado con un tamaño grande, con una dimensión longitud 36 cm, espesor de 17 cm y altura de 10 cm. Además realizan un adobe medio de 18 cm de longitud, 17 cm de espesor y una altura de 10 cm.

5.2. La quincha una opción que vuelve a ser posibilidad

Un ejemplo de la recuperación de la técnica en quincha es un proyecto comunitario que se desarrolla en la comunidad de Asunción. El proyecto consta de la construcción de dos cabañas para potenciar el turismo como fuente de trabajo. Esta iniciativa es del grupo Tintihuili Kanay Ken ("ramblón de amigos" en lengua huarpe millcayac), conformado por seis familias que apostaron por el desarrollo turístico de la zona y desde hace años ofrecen actividades turísticas y lúdicas. Este emprendimiento desde su presentación (2007) hasta la puesta en marcha abarcó casi 5 años de espera, en los cuales los presupuestos presentados fueron perdiendo valor, disminuyendo las posibilidades de su concreción en la actualidad. Hasta el momento solo se ha podido construir una cabaña que cuenta con todo su equipamiento, y se encuentra finalizada. La incorporación de esta experiencia tiene como objeto expresar los procesos que se están realizando en las comunidades de revalorización de antiguas técnicas, mejoramiento de dichas técnicas e incorporación a los procesos de habitabilidad.

A 300 m de donde se desarrolla la actividad central en La Asunción, se emplaza el alojamiento realizado en quincha mejorada. La cabaña de aproximadamente unos 120 m2 de superficie, está equipada para diez personas con una disposición espacial que intenta reproducir la de los puestos típicos de los pobladores (el diseño se adapta incorporando el baño y cocina al interior de la vivienda). Al ingresar a la cabaña se accede a un espacio principal que es el comedor y sala de estar, calefaccionada por una chimenea. Contiguos al estar, hay dos habitaciones completas (uno para seis y otro para cuatro personas) y por el otro un baño de grandes dimensiones y una cocina.

La cabaña se encuentra rodeada por galerías al sur y oeste, y aleros generosos (70 cm)

hacia el norte y el este. Las galerías más amplias se ubican al oeste y sur de la misma, ubicándose también las ventanas de mayor tamaño (1.00 m x 1.00 m). Esta orientación tiene como fin protegerse de los vientos del invierno que soplan desde el norte (viento frio y fuerte) y aprovechar los vientos del sur que soplan en verano, mejorando la refrigeración de la cabaña en esta época estival. Esta orientación se establece por los vientos y no por el recorrido del sol, como en otros lugares de la provincia. El lado norte de la cabaña, se ha negado al exterior, solo tiene un ventilete de 30 cm x 30 cm, y un alero que sobresale para evitar salpicaduras del agua sobre el material de revestimiento de la cabaña.

El proyecto es producto de un esfuerzo comunitario, que inicia su proceso de construcción desmalezando el terreno donde se ubican las cabañas, luego se realizan las zanjas para las fundaciones en hormigón armado, donde se postran los postes de eucalipto que funcionan como columnas, que se encuentran vinculados a las vigas de techo y de dintel del mismo material (esta es la estructura sismoresitente de la vivienda). Los cerramientos fueron realizados con la técnica de tierra cruda “quincha mejorada”: esta técnica cuenta primero con una enramada que se realizó primero con chilca (Baccharis salicifolia) que es un arbusto del lugar, pero el mismo estaba muy seco, lo cual producía que se partiera a la medida que se le colocaba el barro, por lo que se cambió por otro arbusto. La jarilla como se encuentra protegida, fue elegida de forma muy cuidadosa, eligiendo arbustillos chicos, de distinto sectores, para que no provocara una desmaleza que impactara en el ambiente. Los entramados se realizan entre los postes, enramando los arbustos, de manera tal que queda como “una enrejada” en el muro, para luego colocar la argamasa (barro y paja). A esta actividad, en la comunidad le llaman la “embarrada”… “*Nos divertimos mucho trabajando, en las embarradas estaban haciendo algo todo juntos…éramos como veinte personas, y viendo después como crece un sueño, es una buena forma de construir entre todos y de divertirse, siempre quedaban todos embarrados* (Palabras de Ramona Barros, habitante de Asunción, Lavalle). Luego se realizó el techo (caña, ruberoid y una capa de cemento cubierta con membrana asfáltica) que sobresale rodeando los muros exteriores, formando una galería que tiene vista hacia el suroeste.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La tierra cruda es una técnica tradicional “histórica” que viabiliza la construcción del hábitat en el territorio seco del norte de la provincia de Mendoza. Esta aptitud está dada por diversos motivos lo cuales son fuente de discusión en las comunidades y en el resto de la provincia.

Existe una discusión interna en las comunidades a la hora de seguir pensando cómo construir los edificios comunitarios. Las distintas miradas tienen fundamentos sustanciosos sobre si se construye con adobe o con ladrillo cocido. Algunas posturas señalan que el adobe se parte si se hace la unidad en un tamaño grande (36 cm x 36 cm x 12 cm) mientras que otros afirman que el adobe se parte porque no fue bien realizada su traba a la hora de realizar el muro, que existen aún edificaciones que se mantienen en pie y están en perfecto estado. Otros afirman que para hacer muros de adobe se necesita una buena estructura, mejorarla con columnas y vigas en hormigón armado, mientras que otros afirman que los palos o rollizos si están bien vinculados son suficientes para soportar la estructura. El adobe es un material que brinda mejores cualidades térmicas para las distintas estaciones, según un integrante del grupo que viven en casa de ladrillo cocido: *ahora a l´hora de la siesta tengo que salir disparao, no se puede uno quedar durmiendo la siesta.*

Otras miradas sobre el ladrillo afirman que es eterno, que son edificios para siempre, que al ser cocidos los ladrillos no quedan húmedos, mientras que otros discuten que el adobe también queda seco si es bien realizado el proceso, y que también los edificios duran años. En conclusión, la charla finaliza con la problemática que implica el corte de adobe, trabajo muy forzoso que a la hora de realizar un proyecto de construcción, implica mucho desgaste por parte de los constructores que de forma voluntaria aportan al proyecto. Además que resulta más factible solicitar financiamiento para la compra de ladrillos a empresas

constructoras que tienen en stock este material, que conseguir dinero para la remuneración para los cortaderos de la comunidad. Por lo que queda a consideración la utilización o no del adobe, dependiendo de las posibilidades que se presenten de conseguir líneas de financiamiento.

Las líneas de financiamiento son otorgadas por entes provinciales y/o nacionales que por dos motivos fundamentales no viabilizan las posibilidades de construcción del hábitat con tierra cruda en el secano. Un motivo está dado por las luchas territoriales que mantienen las comunidades originarias con el gobierno provincial, por lo que aun no tienen los títulos de sus tierras, imposibilitando el acceso a las líneas de financiamiento que otorga el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV). El IPV si bien ha intentado realizar algunas intervenciones de mejoramiento en las condiciones de las viviendas de estas zonas, no puede desarrollar programas por la falta de resolución respecto a la tenencia de tierras (requisito indispensable para acceder al financiamiento habitacional de este ente gubernamental).

Además existen en los municipios códigos de edificación sismoresistentes que promueven la "erradicación del adobe" y los financiamientos provinciales o nacionales en su mayoría no contemplan las técnicas propias del lugar, a excepción de proyectos únicos que requieren de una serie de documentos inagotables para su aprobación (como el descripto previamente de quincha). Esto provoca una pérdida del valor y reconocimiento de la técnica constructiva por no contemplar las formas tradicionales de habitar el secano y encrudeciendo la discusión interna en las comunidades del material y técnica constructiva.

Figura 6. Imágenes de viviendas existentes en Lagunas del Rosario que contraponen dos formas de habitar el secano. Foto del autor, Febrero 2013

7. CONCLUSIÓN

Luego de varios relevamientos realizados en la zona se puede observar que existen saberes propios del lugar que deben ser valorados para viabilizar la habitabilidad de las comunidades en una zona difícil tanto sea por sus condiciones climáticas como por su valor histórico-cultural.

Las comunidades realizan sus viviendas producidas socialmente como única posibilidad de acceso al hábitat, esto trae aparejado una cultura que se transmite en generaciones, estableciendo y manteniendo saberes propios, pero este saber es marginal a las políticas de hábitat de la provincia. Es decir, la técnica en tierra cruda es un vehículo de habitabilidad de las comunidades que debe ser potenciado y legitimizado por la provincia, entendiendo que las viviendas en adobe no son sólo ranchos, sino que son un valor patrimonial y el esfuerzo de una población por habitar en un territorio tan crudo físicamente e históricamente conflictivo.

El aporte necesario se plantea en integrar los saberes constructivos de la zona, nociones estructurales que mejoren las condiciones sismoresistenes del lugar, viabilizando líneas de financiamiento que posibiliten este mejoramiento en las condiciones del hábitat.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos, Armando (1990). *Investigación participativa: Reflexiones acerca de sus fundamentos metodológicos y de sus aportes al desarrollo social.* Ponencia presentada en seminario Internazionale e la Ricera Sociale, Roma. Italia. Pág. 132-134

Censo de Población, Hogares y Vivienda. 2001. República Argentina.

Chardon, Anne-Catherine (2010). Reasentar un hábitat vulnerable: teoría versus praxis. *Revista INVI*. Versión on-line. ISSN 0718-8358., pag.4.

González Ordovás, Ma. Jose (1998). La cuestión urbana: Algunas perspectivas críticas. *Revista de Estudios Políticos* (Nueva Época). Núm. 101. Julio-Septiembre.

Guerra Ramírez, José (2003*). Habitar el desierto.* Transición energética y transformación del Proyecto Habitacional Colectivo en la Ecología del Desierto de Atacama, Chile. Universitat Politécnica de Catalunya, Barcelona.

Ley nº 6473. Tema: Área de Desarrollo Municipal. Departamento de Lavalle. 1 de abril de 1997. Provincia de Mendoza, Argentina

Notas

1 Secano es un concepto utilizado en la Provincia de Mendoza que hace referencia a las zonas no irrigadas con clima (semi) desértico.

2 Las Necesidades Básicas Insatisfechas fueron definidas según la metodología utilizada en "La pobreza en la Argentina" (Serie Estudios INDEC. N° 1, Buenos Aires, 1984)

3 La jarilla y la zampa blanca son arbustos autóctonos de la zona. Estos arbustos están preservados por la depredación que se ha producido de las especies, además de su imposibilidad de reproducción por la escasez hídrica en la zona desde el 2008.

4 El objetivo general de la Ley es la preservación de la flora y fauna autóctona, reforestación de los lugares depredados, contención de los puesteros pertenecientes a la reserva Telteca, el desarrollo de la zona y puesteros a través de distintas actividades, conversión del área en un bosque amortiguador de efectos ambientales del bosque Telteca, la organización y asistencia de los puesteros.

5 Tabaco de hormiga es una denominación propia del lugar que hace referencia a un tipo de paja que juntan las hormigas del lugar.

Currículum

Virginia Miranda Gassull. Graduada de Arquitecta. Magister en Energías Renovables. Becaria de postgrado Tipo I (3 años). CONICET. Tema: Estudio del hábitat de producción social en tierras secas. Aporte potencial hacia la equidad y sustentabilidad del territorio mendocino. Directora: Dra. María E. Gudiño.

Maria Elina Gudiño. Graduada de Geógrafa, Doctora e Geografía e Investigadora Independiente del CONICET. Directora del Instituto de Cartografía Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

EVALUACION DE DESEMPEÑO AMBIENTAL DE CONSTRUCCIONES CON TIERRA MEDIANTE SIMULACIONES CALIBRADAS

Juan Carlos Patrone[1], John Martin Evans[2], Ariel González[3], Germán José Musante[4]

[1-2] Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
Ciudad Universitaria Pabellón 3, piso 4, CABA, Argentina, tel. (+ 54 11) 4789-6274
[1] arqpa@yahoo.es; [2]evansjmartin@gmail.com
[3-4] Departamento de Ingeniería Civil, Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Lavaise 610, Santa Fe, tel. (+ 54 342) 4696029
dtocivil@frsf.utn.edu.ar; [3]aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Palabras claves: Confort. Eficiencia energética. Impacto ambiental. Sustentabilidad

Resumen

El objetivo de este trabajo es obtener una base metodológica para ser utilizada como herramienta valida en futuras investigaciones que permitan mejorar la eficiencia energética de las construcciones de tierra dentro de los estándares de confort normalizados. Este trabajo presenta la primera fase exploratoria, realizada durante el año 2012, con el aporte de una serie de mediciones de temperatura y humedad registradas en tres viviendas construidas con diferentes técnicas empleando tierra cruda, ubicadas en los alrededores de la Ciudad de Santa Fé, con el fin de analizar, verificar, evaluar y comparar las situaciones de confort en el interior de las mismas. Dos de los casos en estudio corresponden a ampliaciones adosadas a construcciones convencionales existentes, lo cual permite la comparación de las distintas tecnologías. Por otra parte, en dos de dichas viviendas se utilizaron adobes y techo verde, mientras que en otra se utilizó BTC, bloques de tierra comprimida, y techo de paja. Esta diversidad ha permitido realizar un primer análisis comparativo entre construcción con tierra y construcción convencional, como también entre las distintas técnicas de tierra. Se trabajó luego con el programa Design Builder realizando las simulaciones correspondientes a cada una de las viviendas, para luego confrontarlas con los resultados de las mediciones y realizar el trabajo de ajuste sucesivo a través de simulaciones calibradas. Este procedimiento permitió integrar algunos parámetros para realizar la simulación, como así también verificar los datos recogidos de la auditoría térmica. Los resultados permiten establecer el comportamiento de la construcción con tierra en forma comparativa con la construcción convencional a través de mediciones in-situ y simulaciones numéricas, aportando evidencia del desempeño ambiental del suelo como material de construcción y soporte al valor tecnológico, estético y patrimonial del mismo en el marco de la Construcción Sustentable. Se cuenta con mediciones de invierno y verano, y los resultados obtenidos serán la base para las hipótesis de futuros trabajos, ahondando tanto en los estudios comparativos de confort bioambiental con distintas tecnologías constructivas como en la metodología de análisis y registro de datos.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace 10 años la UTN – FRSF incorpora dentro de sus líneas de investigación la construcción con tierra cruda. Se han desarrollado y desarrollan:

• Estudios de las prestaciones de elementos constructivos realizados con técnicas tradicionales de tierra.

• Proyectos interlaboratoriales con el fin de homogenizar métodos de ensayos y formas de certificar calidades de productos a base de tierra cruda.

• Incorporación de nuevos materiales y tecnologías a las usualmente reconocidas maneras de trabajar la tierra en construcción (Adobes, tapia, BTC, técnicas mixtas)

• Rescate y desarrollo de técnicas innovadoras para el mejoramiento de las prestaciones constructivas (Tierra vertida).

• Adecuación y desarrollo de prensas para la ejecución de bloques de tierra comprimida (BTC)

• Servicios a terceros de análisis de suelos, verificación de aptitudes para diversas técnicas y propuestas de dosificación.

• Ensayos de Resistencias a esfuerzos mecánicos y durabilidad.

• Desarrollos de investigaciones y adecuaciones constructivas para casos especiales.

• Transferencia e intercambio de conocimientos en tecnologías de tierra cruda con énfasis en BTC.

• Capacitación a pobladores y microemprendedores en técnicas de construcción con tierra.

En el desarrollo de estas actividades se generaron vínculos institucionales, entre otros, el contacto con el CIHE, Centro de Investigaciones Hábitat y Energía de la Universidad de Buenos Aires. Con esta institución reflexionamos acerca del escaso material existente en nuestro medio referido al análisis del confort bioambiental; de ello surgió el proyecto de realizar mediciones de temperatura y humedad en viviendas construidas con tierra cruda y en las cuales la UTN Santa Fe tiene participación en el asesoramiento y vínculo con los propietarios.

Es así que se firma el correspondiente acta acuerdo entre ambas instituciones para realizar conjuntamente la medición y análisis de los datos de diversas viviendas en Santa Fe y alrededores que se está llevando a cabo en la actualidad.

Aportando al concepto de sustentabilidad desde una de las etapas en la vida de la edificación que tiene que ver con la disminución del uso de recursos no renovables y valorando una calidad y salubridad del ambiente en contacto con el hombre; planteamos como objetivo cuantificar las mejoras higrotérmicas que suceden en el interior de viviendas construidas con técnicas de tierra cruda; considerando a priori que la tierra posee excelentes cualidades tanto en su coeficiente de transmitancia térmica como en su capacidad para regular la humedad ambiente.

2. DESARROLLO DE LA TOMA DE DATOS

2.1. Descripción de las viviendas

Primeramente se seleccionaron cuatro viviendas (solo una de ellas cuenta con mediciones de verano e invierno) que se encuentran en la zona, realizadas con tecnologías en tierra para obtener las mediciones. Se buscó que en lo posible estén realizadas con diferentes técnicas constructivas, para permitirnos un análisis comparativo entre ellas, así como en relación a otras construidas con tecnologías tradicionales.

Se llevaron a cabo mediciones en las diferentes viviendas, durante el mes de enero, en esta oportunidad, para obtener datos de verano. Una vez seleccionadas las viviendas, en cada una de ellas se ubicaron sensores de tipo data logger, procurando instalar al menos 3 por vivienda. La mayoría de los sensores sólo registran datos de temperatura, y algunos arrojan además los de humedades relativas, por lo que se procuró instalar al menos uno de estos últimos por vivienda.

También se instaló una estación meteorológica en la Facultad Regional Santa Fe, para obtener datos más precisos en lo que respecta a la temperatura exterior. Estos datos se tomaron como base para evaluar las condiciones térmicas en los interiores de las viviendas.

A continuación puede verse la ubicación de los sensores (figuras 1 a 3) de cada vivienda, así como imágenes de las mismas y una planilla síntesis de algunas de las características más relevantes.

Fecha de inicio de mediciones: 19/12 11:50 hs

Características de los elementos constructivos

	piso	muro	cubierta
Adobe			
BTC			
Quincha			
Ladrillo común			
Paja			
Losa			
Chapa			
Vivo			
Sobre contrapiso			
Entablonado s/cámara de aire			

Características de ocupación y uso

Ocupantes		Ocupación hs/día
Mayores	Menores	aprox 8 hs (promedio enero)
2		

Ventilación hs/día	% aventanamiento
Aprox 1 hs (promedio enero) la vivienda permaneció deshabitada unos 10 días	14.95%

Figura 1. Vivienda 1 – Arroyo Leyes

Fecha de inicio de mediciones: 19/12 11:50 hs

Características de los elementos constructivos

	piso	muro	cubierta
Adobe			
BTC			
Quincha			
Ladrillo común			
Paja			
Losa			
Chapa			
Vivo			
Sobre contrapiso			
Entablonado s/cámara de aire			

Características de ocupación y uso

Ocupantes		Ocupación hs/día
Mayores	Menores	aprox 20 hs (promedio enero)
2	1	

Ventilación hs/día	% acristalamiento
Aprox 6 hs ventilación nocturna (promedio enero)	16.27%

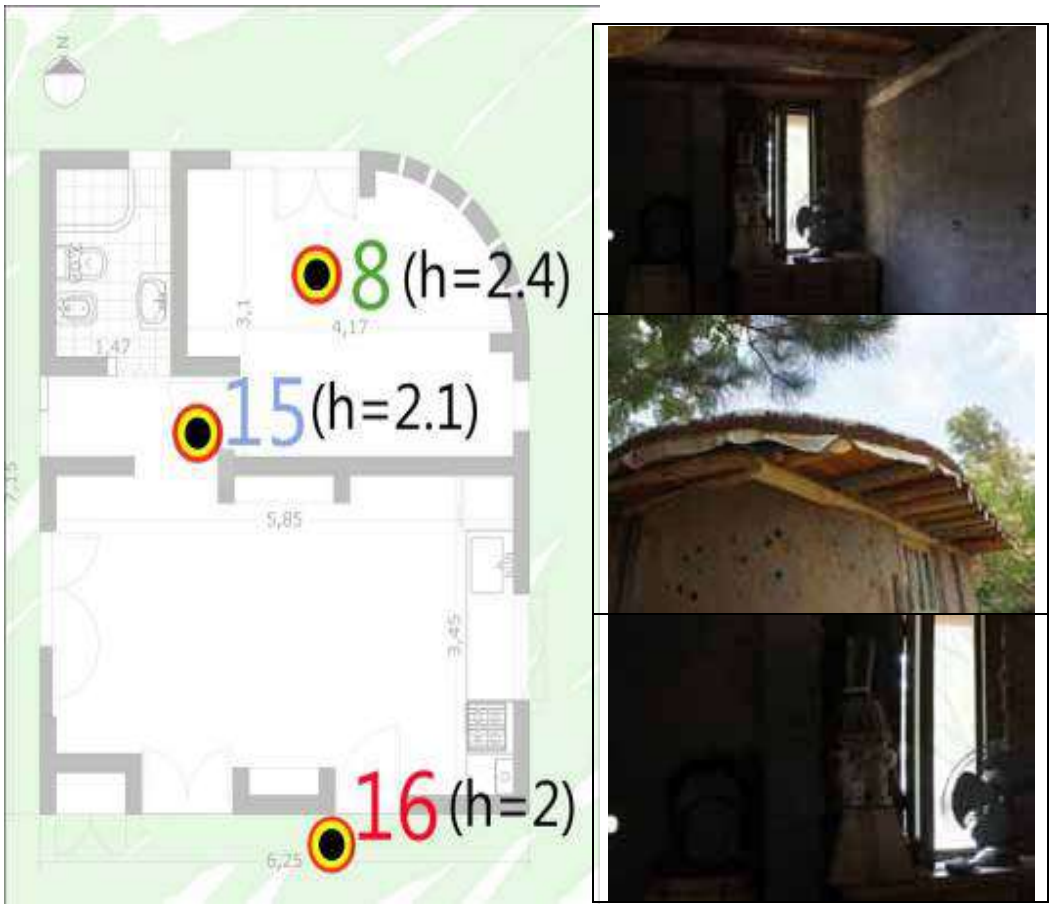


Figura 2: Vivienda 2 – Rincón Norte

Fecha de inicio de mediciones: 19/12 11:50 hs

Características de los elementos constructivos			
	piso	muro	cubierta
Adobe			
BTC			
Quincha			
Ladrillo común			
Paja			
Losa			
Chapa			
Vivo			
Sobre contrapiso			
Entablonado s/cámara de aire			

Características de ocupación y uso		
Ocupantes		Ocupación hs/día
Mayores	Menores	aprox 10 hs (promedio enero)
2		

Ventilación hs/día	% acristalamiento
aprox 2 hs (promedio enero)	6.83

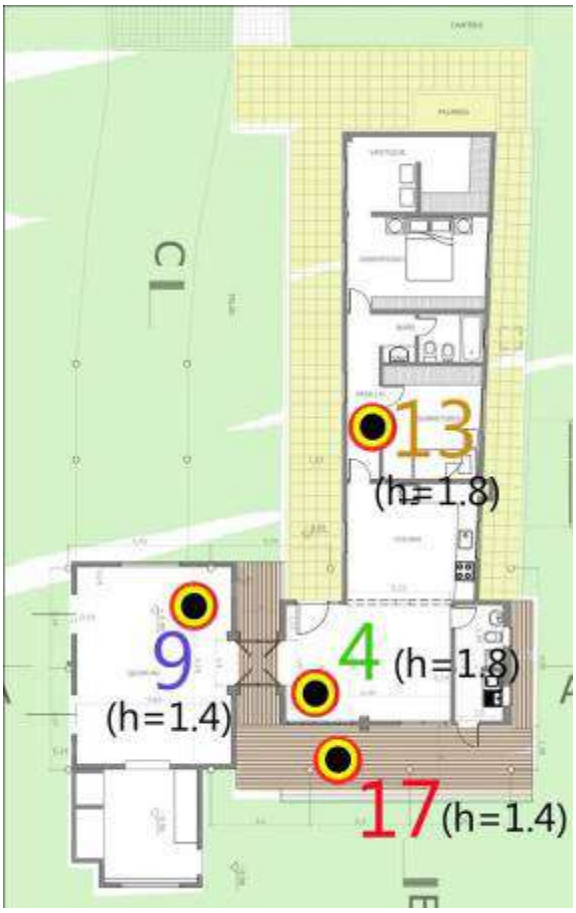


Figura 3: Vivienda 3 – Paraná

2.2. Análisis de datos térmicos

Luego de retirar todos los sensores se dispone de planillas en donde se encuentran las temperaturas correspondientes a cada período, tiempo de registro (15 minutos). Es por esto que se realiza primeramente un promedio entre las temperaturas y humedades registradas en una hora, para obtener los valores “horarios”.

A partir de los valores arrojados por la estación meteorológica, se intenta buscar cuales son los días que pueden considerarse “de condiciones climáticas típicas”, para poder utilizarlo como muestras significativas que permitan realizar un análisis a partir de estos. Luego, se realiza un análisis de las amplitudes térmicas diarias. Así se encontró que, si bien estas se ubican en un rango desde 15,5 grados el 28 de enero hasta 3 grados el 11 de este mes, el promedio de amplitudes térmicas resulta ser de 11 grados. Por lo tanto se toman los días en donde se ubica en valores entre 10 y 12 grados de amplitud térmica como días de condiciones típicas.

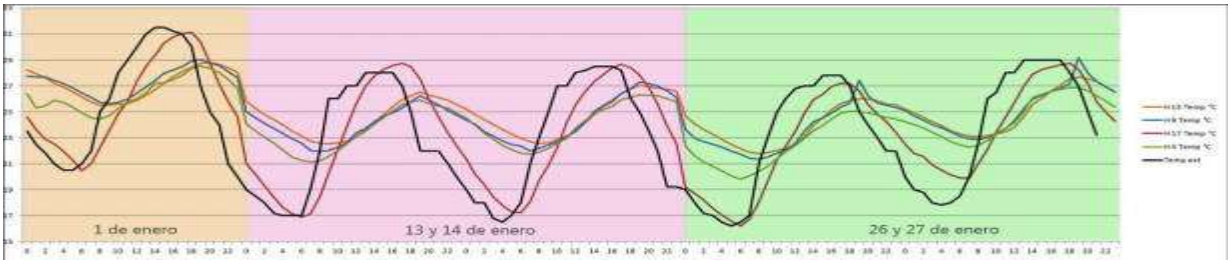
De esta manera surgen cinco días “típicos”. Estos son el 1, 13 y 14, 26 y 27 de enero, que se van a tomar para analizar los datos arrojados por los sensores. Se realizan los gráficos, en donde se puede comparar los resultados con la temperatura exterior medida con la estación meteorológica.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

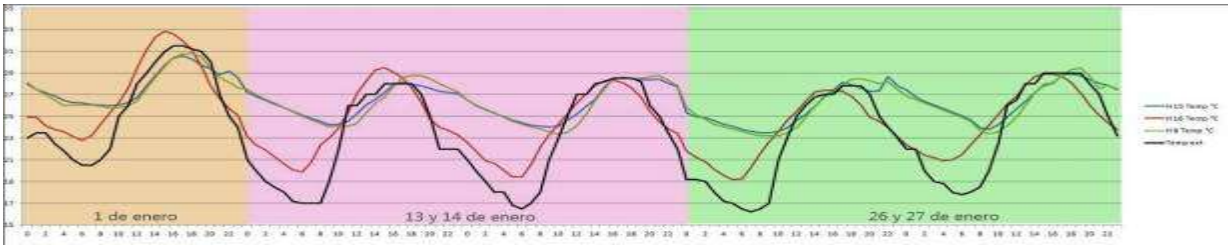
3.1. Análisis comparativo

En el gráfico 4 puede ver claramente el desempeño de cada una de las viviendas.

Vivienda 1 – Arroyo Leyes



Vivienda 2 – Rincón Norte



Vivienda 3 – Paraná

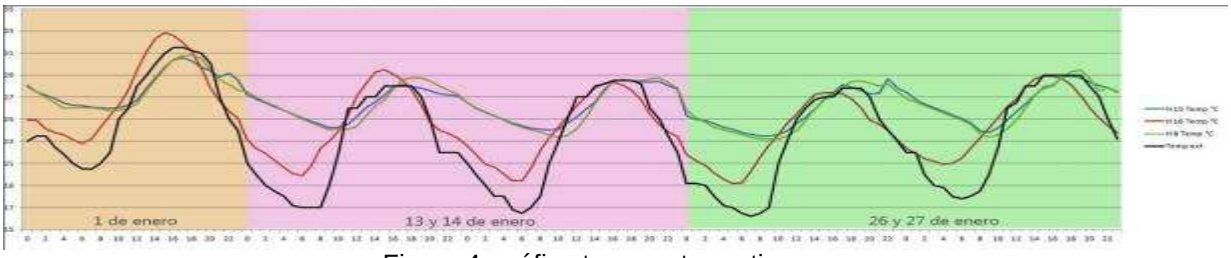


Figura 4: gráfico temperatura - tiempo

En el caso de la vivienda 1 a medida que aumenta la altura de la ubicación de los sensores, la temperatura registrada es mayor, habiendo un pequeño retraso entre la curva de la estación meteorológica y la de los sensores. El data logger situado al ras de la cubierta (nº

18) muestra cómo los registros de temperaturas más elevadas se conservan en el tiempo algo más que los otros.

En la vivienda 2, se observa cómo el sensor ubicado en el exterior se acerca más a la curva registrada por la estación meteorológica, si bien las temperaturas nocturnas resultan ser algo mayores en comparación con la vivienda 1.

Se observa cómo los registros en el interior de la vivienda, una vez alcanzado los límites máximos de temperaturas, tienen una caída muy lenta en el tiempo, es decir, una vez alcanzadas las temperaturas de mayor disconfort para verano, la vivienda tarda más tiempo en enfriarse.

En el caso de la vivienda 3, también se aprecia la curva del sensor ubicado al exterior, en este caso muy similar al registrado por la estación meteorológica.

Resulta muy interesante observar, que los límites máximos de temperaturas alcanzados en el interior de la vivienda se sitúan aproximadamente dos grados por debajo en comparación con los otros dos casos analizados.

En términos generales, se puede ver que en la vivienda 1 se alcanza un enfriamiento mayor, y en menor tiempo en comparación con las otras. Y la vivienda número 3 es la que alcanza temperaturas menores en los momentos más calurosos del día. En este caso, los cambios en la temperatura exterior tardan más tiempo en reflejarse en el interior, tanto en la etapa de calentamiento como en la etapa de enfriamiento de la vivienda.

En la vivienda número 2 el enfriamiento se produce más lentamente. Esto puede llegar a ser beneficioso para los meses invernales, pero resulta algo negativo para los meses de verano.

3.2. Análisis de datos de temperatura y humedad

Para realizar un análisis conjunto de los datos de temperatura y humedad, se utiliza un diagrama psicométrico (figura 5).

En el mismo se ubica una zona que se considera, “de condiciones de confort”, que en el gráfico aparece en tono naranja. Los valores que se ubiquen dentro de ésta, se consideran que están dentro de los parámetros donde el ser humano lo percibe como confortables. Es decir, a medida que tengamos una mayor cantidad de puntos dentro de esta zona, las condiciones de habitabilidad en una determinada vivienda serán mejores.

A partir del diagrama psicométrico y la delimitación de la zona de confort, se comienzan a introducir los diferentes datos. Para ello se tomó un promedio de los registros de los días “típicos” ya especificados, escogiendo sólo los datos arrojados por aquellos sensores que registraban ambas variables (temperatura y humedad relativa).

Estos son:

• La estación meteorológica

• Sensor nº 18 (Vivienda 1 - Arroyo Leyes)

• Sensor nº 16 (Vivienda 2 - Rincón Norte)

• Sensor nº 9 (Vivienda 3 - Paraná)

3.2.1. Estación Meteorológica

Si se observan los datos de la estación meteorológica se vera que sólo durante dos horas del día, las temperaturas se pueden considerar que estuvieron dentro de la zona de confort. Son los tres puntos que se encuentran dentro de la zona pintada de naranja, que son las registradas entre las 9 y las 11 horas de la noche del día 1 de enero de 2012, y entre la 1 y 2 horas de la mañana).

Esto significa que sólo durante algo más del 12 % de las horas del día permanecemos bajo temperaturas confortables.

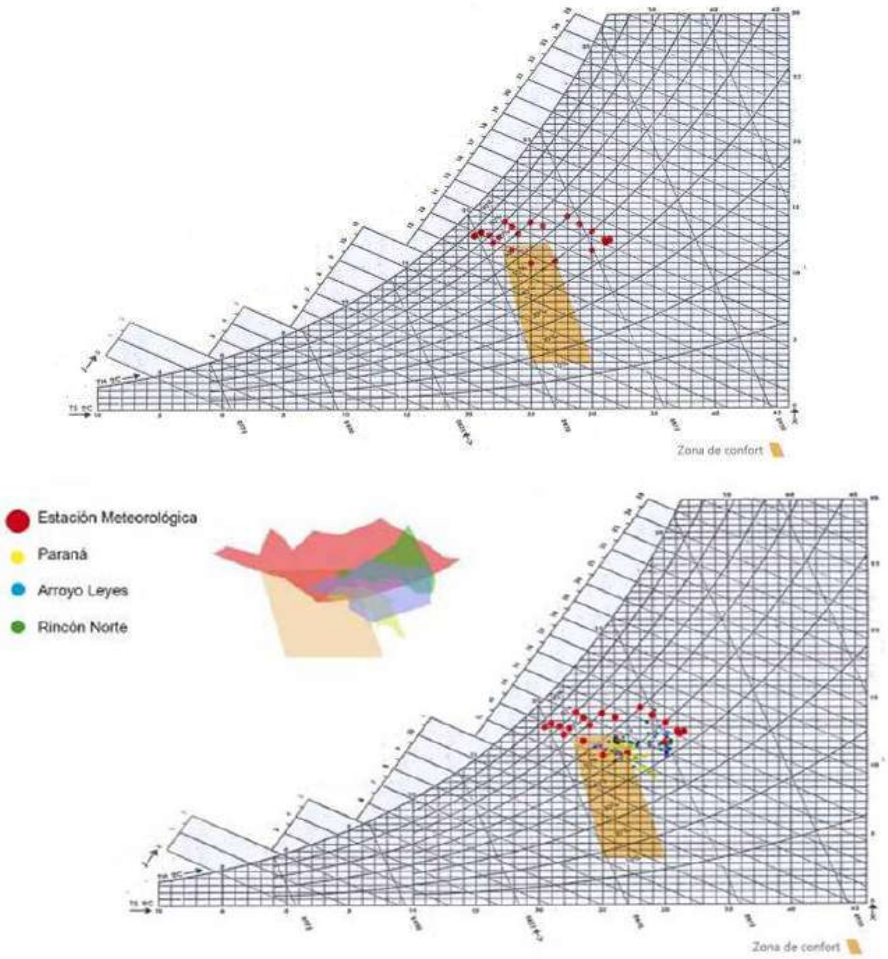


Figura 5: diagramas psicométricos

3.2.2. Data Logger Nro 18 (Vivienda 1 - Arroyo Leyes)

En el gráfico correspondiente al data logger nº 18 se ve que 11 puntos se encuentran dentro de la zona de confort, con su correspondiente porcentaje de algo más del 45% del día bajo temperaturas confortables. El porcentaje resulta muy favorable, si se considera que este sensor se encontraba a 10 cm de la cubierta, en donde se suele acumular la mayor cantidad de calor.

Las temperaturas “confortables” son consecutivas, y se registran mayormente en las horas nocturnas a partir de las 1 horas y hasta las 12 del mediodía.

3.2.3. Data Logger Nro 16 (Vivienda 2 - Rincón Norte)

Si se analizan los resultados para este mismo día en el interior de la vivienda que se grafica con los puntos verdes, se encontrara que 10 puntos se insertan dentro de la zona de confort. Estos coinciden con las temperaturas nocturnas, a partir de las 3 horas de la mañana y el confort se extiende hasta las 13 horas del mediodía. Puede observarse en el gráfico que los puntos que se encuentran fuera de la zona de confort no se alejan demasiado de la misma en comparación con la temperatura exterior, en donde se ven los puntos algo más expandidos en el gráfico.

Esto arroja un porcentaje algo menor que el 42%, para las horas del día en que se encuentra bajo temperaturas de confort en el interior de la vivienda.

3.2.4. Data Logger Nro 9 (Vivienda 3 - Paraná)

En el tercer caso, el sensor nº 9, también se acercan a la zona de confort unos 10 puntos, aunque se observa una notable reducción en las temperaturas alcanzadas en las diferentes horas del día en comparación con las mediciones anteriores.

En este caso las temperaturas ingresan a la zona de confort a partir de las 6 de la mañana, y se extiende hasta las 15 horas. En comparación con las anteriores, esto resulta favorable ya que en la zona más crítica, de calentamiento de la vivienda, cercana al mediodía, existe una mayor cobertura.

Se puede verificar gráficamente las diferentes nubes que se forman con los valores ubicados en el diagrama. Así se ve cómo se reduce la misma si se compara la estación meteorológica en relación a las diferentes resultantes interiores. Hay una menor amplitud térmica para una nube más pequeña, esto resulta una condición más favorable porque se aleja menos de la zona de confort.

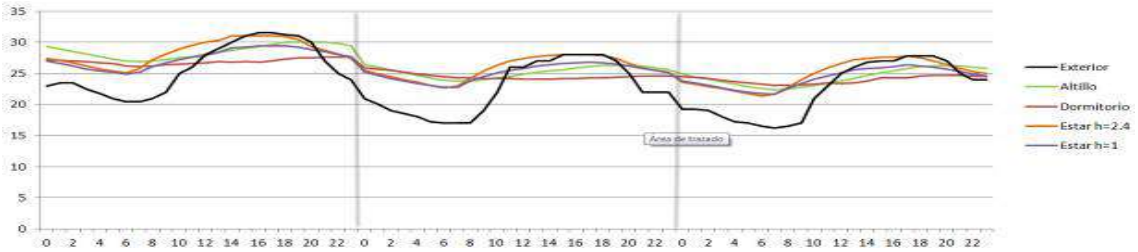
La nube amarilla es la más pequeña, a la vez, se acerca más a la parte inferior del gráfico en comparación con las otra, lo que indica que las temperaturas tienden a ser las más bajas de los tres casos analizados.

3.3. Análisis comparativo en vivienda con datos de invierno

En la figura 6 se muestran los datos comparativos registrados en verano y en invierno, en una vivienda ubicada en la ciudad de Rincón, en las cercanías a la ciudad de Santa Fe. La vivienda inicialmente fue construida con técnicas tradicionales y luego se realizó una ampliación con construcción en tierra. Esto permitió comparar los valores arrojados en los diferentes locales.

La zona del estar corresponde a la parte tradicional y el sector del dormitorio es el construido en tierra. Este local posee un entrepiso/altillo en donde también se colocó un sensor. Se tomaron las mediciones registradas los días 1, 13 y el 26 de diciembre de 2011 para verano y para invierno las del 27 de agosto, el 13 y 16 de septiembre de 2012. Los data loguers se ubicaron en los mismos lugares aunque en verano se dispuso de un sensor más que se ubicó en el estar, a una altura diferente.

Mediciones de verano



Mediciones de invierno

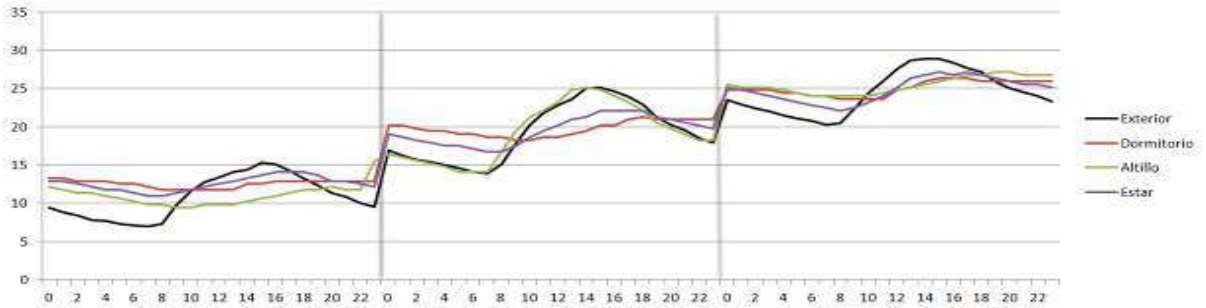


Figura 6 – gráfico de datos comparativos registrados en verano y en invierno

Se realizó un gráfico de barras (figura 7) con las medias de temperaturas, en este caso para cada día se divide en una fase de calentamiento y una de enfriamiento, que para simplificar los pasos se toma el período de 0 a 12 del mediodía y otro de éste a las 24 horas.

Para las medidas tomadas en verano, si bien en las primeras horas del día no parece haber mucha diferencia entre los distintos locales, pasadas las 12 horas, el dormitorio (construido en tierra) pareciera calentarse algo menos que el resto de los locales.

A simple vista podemos observar también que para las mediciones de invierno, y durante las horas de la mañana, el dormitorio es el que mayor conserva la temperatura, y donde está la mayor amplitud térmica en relación a la temperatura exterior.

Una vez pasado el mediodía, al aumentar la media de temperatura exterior, los otros locales parecen calentarse algo más rápido que el dormitorio como igualmente ocurre en verano. El altillo, para los meses de invierno parece responder de muy buena manera, ya que posiblemente la estratificación del calor lo favorece. Esto no se refleja en los meses de verano.

Se podría pensar a partir de los gráficos que la tierra posee buenas propiedades para almacenar temperatura aunque no responde muy rápidamente si las condiciones exteriores cambian.

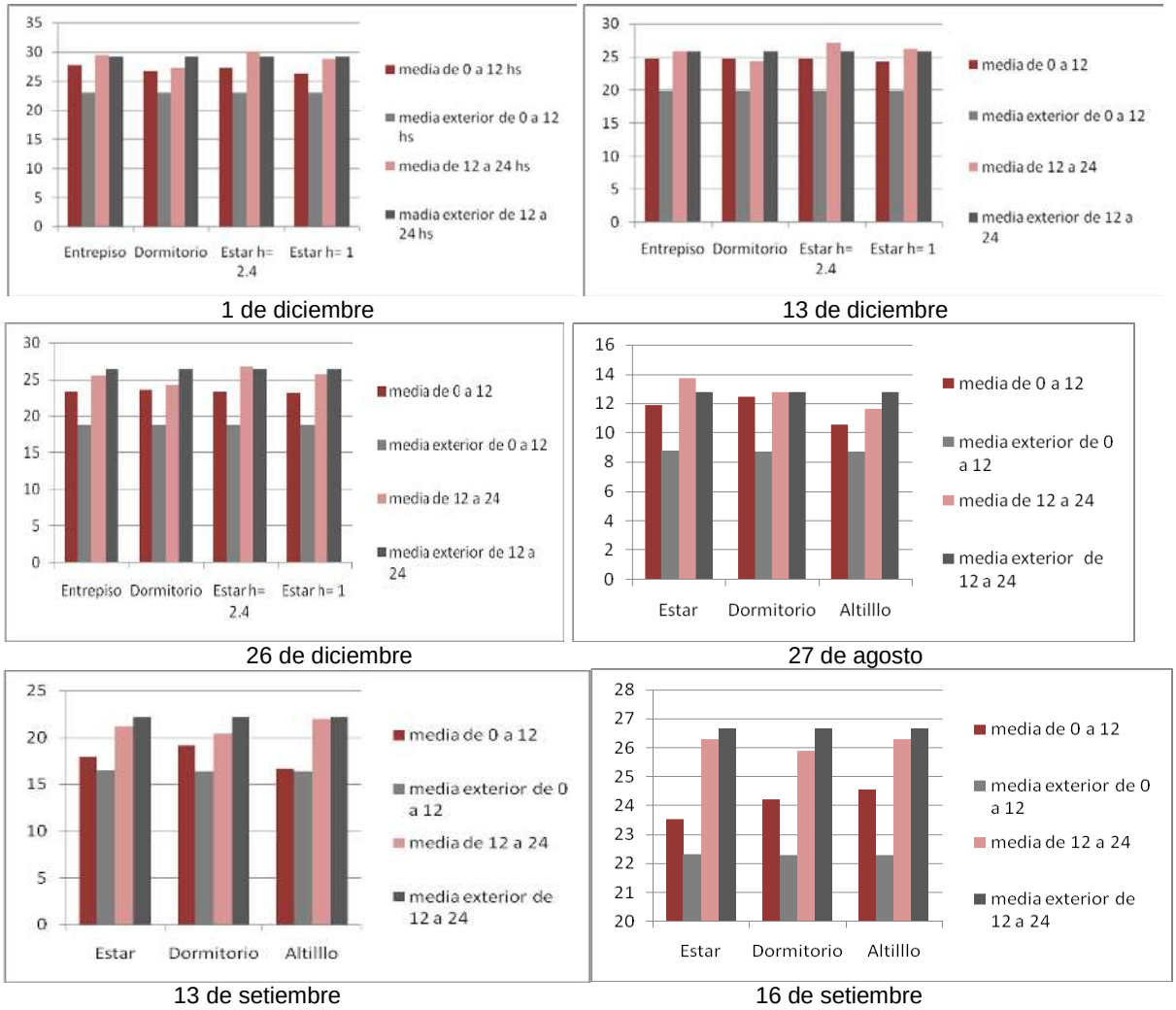


Figura 7. Gráficos de medias de temperatura

La capacidad de retener o aislar el calor por parte de un cerramiento es una de las características principales que requiere cualquier vivienda que se pretenda eficiente energéticamente. A raíz de este análisis la tierra parece responder de buena manera según los resultados de las mediciones realizadas.

3.4 Simulación

Otra herramienta que se utilizó como medio para obtener algunos valores cuantitativos que permitan establecer comparaciones entre tecnologías de tierra y tradicionales, fue la simulación por computadora, utilizándose programas diseñados al efecto.

Se tomó una de las viviendas en las que se realizaron mediciones, para realizar un primer análisis. En este caso la número 2, ubicada en Rincón Norte.

Cabe mencionar que en este software primeramente se ingresan los datos correspondientes al clima local, y luego se construye la vivienda virtualmente. A cada elemento constructivo se le asigna el material correspondiente, con sus respectivas propiedades térmicas (la transmitancia térmica de cada material resulta fundamental para el análisis).

Por otro lado se ingresa un calendario de actividades y personas que habitan la vivienda, para cuantificar las cargas internas emitidas por las personas y por los diferentes artefactos que producen calor como por ejemplo la cocina, la computadora o la iluminación; así como también las horas de ventilación, etc.

Una vez ingresados todos los datos, se realiza la simulación en la selección de días del año que se requieran.

De este modo se pueden observar que los resultados se presentan muy similares a los extraídos por las mediciones. Vemos que las temperaturas en el interior de la vivienda oscilan en casi todos los días, entre 24ºC y 29ºC.

La diferencia más notable en relación a las mediciones es que en el período de calentamiento de la vivienda, en la simulación se realiza en forma más extendida en el tiempo. Es decir, desde una primera aproximación, los resultados en la simulación son más optimistas que los extraídos de las mediciones.

4. CONCLUSIONES

De las mediciones realizadas con data loggers, desde una primera aproximación al análisis térmico, se puede decir que la vivienda número 3, es la que arrojó los resultados más favorables. Esta alcanza niveles de calentamiento inferiores al resto de las viviendas. También se observa que la curva de temperaturas interiores se encuentra más desplazada en el tiempo, aspecto que resulta positivo, ya sea que fuera ocasionado por la masa térmica que posea la vivienda o el nivel de aislamiento de la envolvente.

Un dato importante a tener en cuenta es que la vivienda tiene el menor porcentaje de aventanamiento en comparación con las otras, así como menor carga interna en relación a las personas que la habitan.

En la vivienda 1, el enfriamiento se produce más rápidamente en las horas en donde el sol comienza a esconderse, y se alcanzan las temperaturas más bajas de las tres viviendas, condición que resulta favorable para los meses de calor.

Cabe aclarar que estas dos primeras viviendas mencionadas, están construidas con BTC, y cubierta de paja.

En la vivienda número 2 el enfriamiento se produce más lentamente, y las temperaturas máximas alcanzadas resultan bastante elevadas, si bien no se diferencian demasiado de la vivienda 1. Se podría pensar que en los meses de invierno, las condiciones serán muy favorables, ya que la casa parece tener gran capacidad de conservación del calor. Sería de interés estudiar detalladamente para este caso, las cargas internas generadas por la cocina y sus respectivos usos.

Del análisis de datos de temperatura y humedad, se desprende que en la vivienda de Paraná los resultados resultan algo mejores, tanto por los niveles de temperatura y humedad alcanzados, que resultan menores que los otros casos; como por la reducida amplitud térmica alcanzada, en comparación con las otras viviendas.

En la vivienda de Arroyo Leyes, la amplitud térmica es la mayor, aunque los niveles alcanzados no son tan altos como en la vivienda ubicada en Rincón Norte.

En términos generales se ve que en las viviendas construidas con tierra, aproximadamente en un 45 a 50 % de las horas del día se encuentran temperaturas confortables.

De la simulación realizada en PC, si bien es una primera prueba del uso de esta herramienta, con el fin de extraer datos confiables de las características de los elementos constructivos de tierra; se pueden hacer algunas primeras lecturas al respecto.

Los resultados se presentan muy similares a los extraídos por las mediciones. Esto permite otorgar cierta confiabilidad en las evaluaciones que se puedan realizar por medio de este software, si bien vistos más en detalle, los resultados en la simulación son algo más optimistas que los extraídos de las mediciones.

Sería de interés, en futuros trabajos, modificar la materialidad de la vivienda en la simulación, para comparar los resultados entre distintos sistemas constructivos, desde las envolventes, a las cubiertas, etc.

Estos resultados permiten plantear futuros desarrollos que amplíen y profundicen los resultados obtenidos en pos de mejorar las hipótesis de trabajo en otros proyectos complementarios.

Currículos

Juan Carlos Patrone: Arquitecto FADU-UBA, investigador del Centro de Investigación Hábitat y Energía, en 2001 inició investigaciones en arquitectura y construcción con tierra, construyendo un prototipo experimental de vivienda económica en el Municipio de Florencio Varela, Gran Buenos Aires. Es miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA y director del centro Terrabaires.

John Martin Evans: Dr. Arq. y Prof. Consulto UBA, Director del CIHE, es investigador en el uso racional, eficiencia energética y energías renovables en edificios. Graduado y docente en Architectural Association, Londres, Doctorado en Arquitectura en la Universidad Tecnológica de Delft, Países Bajos, fue Vice-Decano del Bouwcentrum International Education, Rotterdam, recibió premios, ‘Pionero en energías renovables’ de WREN, World Renewable Energy Network.

Ariel González: Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica. Profesor e investigador de la UTN, Santa Fé, Argentina, trabaja en equipos interdisciplinarios en temas del hábitat urbano y rural. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda (ULACAV), miembro de la Red Ibero-americana PROTERRA y coordinador de la Red Argentina PROTIERRA.

Germán J. Musante: Arquitecto UNL, Master Oficial en Energías Renovables y Eficiencia Energética por la Universidad de Zaragoza. En 2010 integrante del Grupo de Energía y Edificación de la Universidad de Zaragoza, realizando el prototipo de la vivienda a competir en el Solar Decathlon Europe 2012. Desde 2011/12 integra el Grupo de Investigación en Tierra Vertida, en el Departamento de Ingeniería Civil, UTN, Regional Santa Fé.

ARQUITECTURA VERNÁCULA DE LA REGIÓN MIXTECA EN EL SUR DE MÉXICO.
Por el rescate de una tradición constructiva de los pueblos originarios

Ramón Aguirre Morales[1], Selene Laguna Galindo[2]

[1]Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, México
Centro de Formación y Gestión para el desarrollo sustentable de la Mixteca A.C.
[2]Círculo de Estudios Interdisciplinario sobre Investigación, Docencia y Diseño (C.E.I.I.D.D)
"Utopía y Diseño". Departamento de Investigación y Conocimiento. División de Ciencias y Artes para el Diseño.
Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. México
[1]aguirre30@msn.com; [2]selene.mex@gmail.com

Palabras clave: Revaloración, identidad, arquitectura de tierra, arquitectura contemporánea

Resumen

Dados los procesos de deterioro y la tendiente desaparición del patrimonio constructivo en México debido una mala interpretación de la arquitectura tradicional, esta ponencia tiene como objetivo plantear la importancia que tiene el patrimonio constructivo en la construcción de los procesos de identidad en las comunidades de la Mixteca de Oaxaca, donde la arquitectura, tiene un significado mayor a la propia función de lo construido que se representa en la idea de la comunidad y el trabajo colectivo en el propio desarrollo constructivo. En este sentido la arquitectura tradicional adquiere una dimensión simbólica que se expresa en la organización de las comunidades para satisfacer sus necesidades.

Mediante este trabajo interesa demostrar la pertinencia de los sistemas constructivos tradicionales, basados en arquitectura de tierra de la Región, pues estos representan una alternativa económica y tecnológica a los sistemas de construcción dominantes que se manifiestan en el uso del block de cemento, lámina metálica y cubiertas de concreto. Asimismo pretende ser un agente detonador de la recuperación de los sistemas tradicionales en la arquitectura contemporánea de la Región.

A manera de ejemplo se presenta el proyecto que se realizó en el Centro de Formación y Gestión para el Desarrollo Sustentable de la Mixteca en el que se desarrolló la construcción de una biblioteca bajo la perspectiva antes expuesta, En dicho Centro se recupera tanto la arquitectura de tierra (adobe) y las cubiertas vegetales (madera y palma) como las formas de trabajo tradicionales a través del tequio (organización para realizar tareas comunitarias para un bien común) y se observa la viabilidad constructiva con dicho sistema.

1. ANTECEDENTES

En la región mixteca la pobreza y la migración se acentuaron en el siglo XIX y XX este fenómeno impulsado con la bandera de desarrollo ha hecho que esta zona, antes autosuficiente, se vea rebasada y abandonada. Los programas de gobierno la mayoría de la veces fracasan porque no se toma en cuenta a los destinatarios, se plantean viviendas con piso concreto, muros de block y techos de lámina, olvidando los materiales locales como el adobe, la piedra, o la palma que durante siglos han sido parte de ésta cultura.

Durante los últimos 45 años la forma de construir viviendas ha sido un banco de experimentación, y en algunos casos de especulación por los desarrolladores de viviendas que construyen a partir de una casa tipo con los mismos materiales y características en todo el país, imponiendo sistemas constructivos sin tomar en cuenta los materiales de la zona, clima, cultura y mucho menos al usuario, decidiendo de manera radical como tiene que vivir la gente; por lo regular estos conjuntos habitacionales reciben apoyo del gobierno, olvidando por completo hacer una casa digna para vivir.

Otra forma de construir viviendas en las comunidades de la mixteca, es aquella que tiene su origen en las divisas que envían los migrantes que trabajan en Estados Unidos, y en las que se intenta replicar las construcciones estadounidenses, con lo que desaparece gradualmente la memoria histórica del lugar. Al demoler las casas de adobe, se genera la idea de que los sistemas constructivos a base de cimientos de concreto, muros de block de

cemento, revocos de arena con cemento y losas de concreto armado a dos aguas son modernos y se señala que las viviendas ahora son de “material. Esto ha generado viviendas por lo regular vacías, imposibles de habitar. Es importante mencionar que en estos procesos de sustitución de sistemas constructivos, las universidades juegan un papel importante, pues la mayoría carecen de asignaturas en donde se experimente y enseñe a construir con materiales locales.

2. MARCO TEÓRICO

Arquitectura tradicional mexicana y procesos de identidad

La noción dominante del desarrollo a través de la arquitectura en la modernidad, ha traído consigo el abandono y olvido de las arquitecturas tradicionales, sobre todo en países como México donde la lógica de ganancia económica a través de la construcción se antepone a las formas coherentes de solución para mejorar la calidad de vida. Las poblaciones con una amplia gama de arquitectura tradicional han sido modificadas a lo largo del tiempo con influencia de los centros globalizados (las grandes ciudades) cuya arquitectura por lo general tiende de igual manera a uniformizarse, concibiendo así valores estéticos y funcionales universales que van despojando a las poblaciones de sus tradiciones.

Una de las riquezas de México como país multiétnico son las diferentes expresiones culturales en las que se incluye la arquitectura. A pesar de ello, esta se desdeña y se resume al folklor, por lo que hay un proceso de deterioro de la arquitectura tradicional que puede considerarse parte importante del patrimonio constructivo del país. De ahí que surja la necesidad de hacer una revaloración y reinterpretación de la arquitectura tradicional que trae consigo una serie de aprendizajes acerca del uso de materiales locales a través de los usos y costumbres propios de las comunidades y a partir de esto plantear su vigencia en la arquitectura contemporánea.

Entender las regiones de México implica percatarse de las diferencias y modos de vida que hacen del país un conjunto totalmente diverso, donde la arquitectura es esa huella material y distintiva de actuar en un contexto determinado, es un sistema complejo que va mucho más allá de la suma de materiales regionales y sistemas constructivos; es parte de la construcción social de la identidad a partir de formas, colores, materiales y una singular manera de relacionarse con el medio natural y con los demás individuos que forman parte de las comunidades.

La arquitectura como un hecho humano tiene una profunda relación con el sistema cultural del que parte, ello se puede entender en la relación que ésta tiene con el medio que le rodea, al configurarse como una herramienta para transformar y actuar en la naturaleza por el acto de generar hábitat que se construye en la complejidad social, es decir cada cultura le imprime un rango distintivo que contribuye el concepto de comunidad por un lado, y por otro al concepto amplio de identidad.

3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

El proyecto arquitectónico del Centro de Formación y Gestión para el desarrollo sustentable de la Mixteca[1] se planteó mediante los siguientes ejes que se consideran importantes para la recuperación de la arquitectura tradicional para el diseño contemporáneo, y que se cree, pueden ser ejes necesarios en los trabajos que tengan como objetivo la recuperación y reinterpretación de la arquitectura tradicional.

a. Caracterización de la Región o comunidad. Conceptos necesarios para entender la cultura y los usos y costumbres de las comunidades que pueden reflejar los modos de vida a través de la arquitectura.

b. Búsqueda y análisis de sistemas constructivos que aún se conserven en las regiones. Realización de pruebas de laboratorio (rayos x) de los vestigios de los sistemas constructivos encontrados, para analizar las propiedades de los materiales.

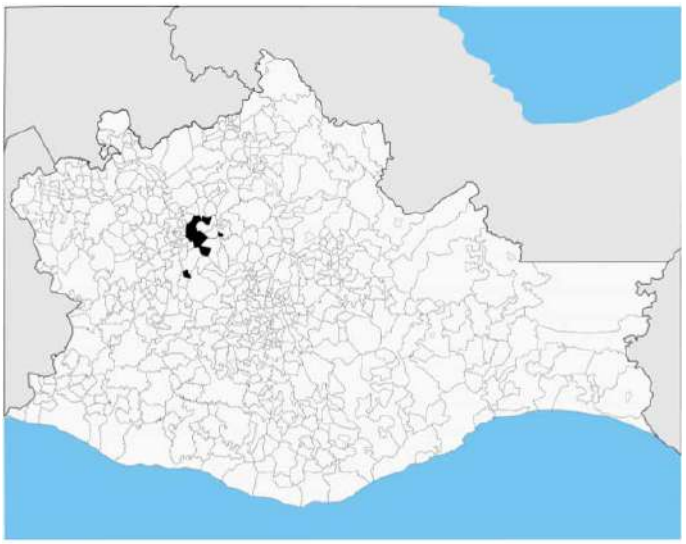
c. Análisis de la arquitectura tradicional. En este punto se incluye cómo es el sistema constructivo incluyendo las proporciones en las que son utilizados los materiales.

d. Recuperación del sistema tradicional en proyectos contemporáneos.

4. LA REGIÓN MIXTECA Y LA IMPORTANCIA DEL TRABAJO COMUNITARIO

La Mixteca es una región geográfica cultural que actualmente ocupa parte de los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. A éste último le corresponden tres subregiones: la Mixteca de la Costa, Mixteca alta y Mixteca baja. El pueblo mixteco conserva sus raíces culturales, una de ellas tiene que ver con el nombre mismo que en realidad se denomina *ñuú savi* o pueblo de la lluvia (Torres Zárate, 2012, p.93).

La geografía del nuhu ñuú savi (Mixteco) es bastante accidentada. Grandes sierras la atraviesan transversalmente dando origen a varias cadenas montañosas que se entrecruzan, creando un relieve sumamente abrupto y con limitados valles. Porcentualmente se calcula que el 85% del suelo mixteco está compuesto por lomeríos y pendientes mayores y el resto por valles. Las sierras más conocidas son las de Nochixtlán y Peñoles, al este; las de Acatlán, en el estado de Puebla, y las de Coicoyán de las Flores, al oeste del estado de Oaxaca. En conjunto, todas estas montañas reciben el nombre de Nudo Mixteco (López Bárcenas, 2012, p. 54).



De los aspectos culturales del pueblo mixteco destacan un elemento fundamental que es relevante para entender los procesos de construcción de la identidad, este es la concepción del trabajo comunitario, que por un lado es importante en las autoridades y por otro lado en la organización social.

Para las autoridades de la Mixteca, el respeto, el estatus y el prestigio entre los mixtecos se obtienen sirviendo a la comunidad. La participación en la vida colectiva y el cumplimiento en los trabajos, cargos y ceremonias públicas, han fomentado desde siempre el sentido de pertenencia a la comunidad. No obstante, el servicio comunitario ha sufrido algunos cambios debido a la migración que se manifiesta en la reducción de tiempos en el ascenso para ocupar cargos de representación, con el fin de que la población masculina migrante pueda desempeñar por lo menos algunos cargos tradicionales.

Asamblea comunitaria en la Mixteca

Por otro lado, la idea del trabajo comunitario se expresa en la organización social. La forma social primaria de cómo se organiza el ñuú[2], que no es política en sentido estricto porque no responde a las formas de participación comunal, es el *tan'a,* vocablo mixteco que puede traducirse como familia pero con el cual se hace referencia a parientes, compañeros y amigos. En el tan'a es donde se dan los primeros lazos organizativos, especialmente para la producción, a través del *sa'a*, trabajo que se realiza en común entre los miembros del tan'a, para beneficio de sus miembros, en donde la persona beneficiada queda obligada a retribuir el trabajo recibido de manera gratuita.

La estructura de la organización pública —política— del *ñuú*, descansa en los *tiñu ñuú*, que, literalmente, significa "trabajo del pueblo". Los tiñu ñuú se materializan de dos manera, una de ellas es el trabajo colectivo obligatorio que los se'e ñuú realizan en la comunidad, cuando su asamblea, o la autoridad, los ha acordado. Éste es el trabajo que muchos denominan como tequio pero los mixtecas nombran tiñu ñuú. La otra es el servicio que se hace para la comunidad a través de los cargos (López Bárcenas, 2012, p. 76).

Dada la importancia del trabajo comunitario, el proyecto arquitectónico del Centro Regional (Sala de usos múltiples y biblioteca) recuperaron por un lado la arquitectura tradicional al tiempo que fueron realizados mediante trabajo voluntario.

Acabado de revoque realizado por alumnos del Tecnológico de Teposcolula, Oaxaca, México

5. DEFINICIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA REGIÓN

En un recorrido que se realizó en el norte del estado de a Oaxaca (Zona Mixteca) fueron hallados vestigios constructivos en muy buenas condiciones.

De éstos hallazgos, se extrajeron muestras de tierra, secciones de piso y muros con el fin de hacer una prueba de rayos X (Eades; Grim, 1966). Esto se llevó a cabo en el laboratorios del de grupo CALIDRA[3], y con el análisis de los resultados se realizó la construcción de la biblioteca tratando de replicar las proporciones de los materiales encontrados en los vestigios, para así emular la manera de construir lo más exacto posible a los resultados obtenidos.

Cómo se muestra en la tabla 1, las tierra mixteca M2, tierra mixteca M3 y tierra mixteca M4 son muy ricas en alúmina (Al) y sílice (Si)

Estos elementos químicos reaccionan muy bien con el hidróxido de calcio logrando su óptima estabilización con menos del 5% de hidróxido de calcio. Para obtener estos resultados se analizaron cinco tierras de acuerdo a la prueba Eades y Grim (1966).

La estabilización propiamente dicha consiste en una mejora a largo plazo (meses/años) por cementación, en función de la temperatura ambiente y de la naturaleza de la arcilla, aumentando la capacidad portante del suelo.

Tabla 1 – Análisis química del suelos

Posición	Elemento	Mixteca M1	Mixteca M2	Mixteca M3	Mixteca M4	Mixteca M5
1	**F**	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	**Na**	0,8680	0,3060	0,0703	0,0759	0,4800
3	**Mg**	1,4600	1,3500	1,4700	1,4900	3,7700
4	**Al**	14,0100	28,6200	34,9600	35,6600	17,5900
5	**Si**	44,9200	53,5700	43,4200	43,9000	53,5800
6	**P**	0,1200	0,5700	0,0940	0,1080	0,1570
7	**S**	3,5600	0,0851	0,0513	0,0381	0,0387
8	**Cl**	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	**K**	2,0400	3,9700	0,2380	0,1730	3,8400
10	**Ca**	26,2100	0,3540	0,3640	0,2950	13,7500
11	**Ti**	0,6840	1,0900	2,1800	1,8500	0,7460
12	**V**	0,0263	0,0411	0,5870	0,0593	0,0258
13	**Cr**	0,0083	0,0190	0,0098	0,0141	0,0115
14	**Mn**	0,1080	0,0082	0,0868	0,0746	0,1050
15	**Fe**	5,3600	9,9300	16,6800	16,0000	5,5200
16	**Co**	0,0026	0,0037	0,0115	0,0069	0,0048
17	**Ni**	0,0043	0,0035	0,0083	0,0080	0,0050
18	**Cu**	0,0055	0,0061	0,0082	0,0079	0,0053
19	**Zn**	0,0140	0,0054	0,0182	0,0162	0,0093
20	**Ga**	0,0036	0,0054	0,0087	0,0072	0,0052
21	**As**	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
22	**Br**	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
23	**Rb**	0,0114	0,0273	0,0022	0,0017	0,1960
24	**Sr**	0,1720	0,0144	0,0039	0,0036	0,0872
25	**Y**	0,0041	0,0065	0,0034	0,0040	0,0035
26	**Zr**	0,0434	0,0723	0,0811	0,0750	0,0467
27	**Nb**	0,0000	0,0050	0,0033	0,0026	0,0022
28	**Ba**	0,0687	0,0830	0,0081	0,0454	0,0698

Al elevar la cal el pH del suelo estabilizado hasta valores de 12,4, se libera sílice y alúmina de la arcilla que reaccionan con los iones calcio procedentes de la cal, formando silicatos y aluminatos cálcicos hidratados que incrementan la resistencia mecánica. Esta reacción de tipo puzolánico es progresiva con el tiempo y aumenta la impermeabilidad, la resistencia mecánica y la resistencia a las heladas del suelo tratado. Los porcentajes necesarios de cal para garantizar la permanencia de las reacciones puzolánicas a lo largo del tiempo oscilan entre el 3% y el 8%.

El mecanismo de estabilización es mucho más complejo que el de modificación, debido a las dos variables que influyen en su desarrollo. Por un lado, su desarrollo en el tiempo, y por otro, la reacción cal-arcilla.

Procedimiento

Se realizó la prueba con el método de Eades y Grim (1966)[4] a las muestras de suelo recibidas, utilizando CaO.

Las muestras se secaron a 150°C durante 24 horas, una vez secas se pulverizaron y se hicieron pasar por la tamiz de malla No. 40 (0,420 mm).

Se agregaron 20 g de suelo tamizado de cada una de las muestras en frascos individuales, posteriormente se agregaron diferentes porcentajes de cal con respecto al peso del suelo. Se agregaron 100 ml de agua potable a cada frasco, se agitaron las muestras cada 15 minutos durante un lapso de 1hora.

Después del tiempo transcurrido, se tomaron las lecturas de pH, con la ayuda de pHmetro marca Orion 4 Star, con una resolución de 0,001, obteniéndose las lecturas presentadas en la tabla 2.

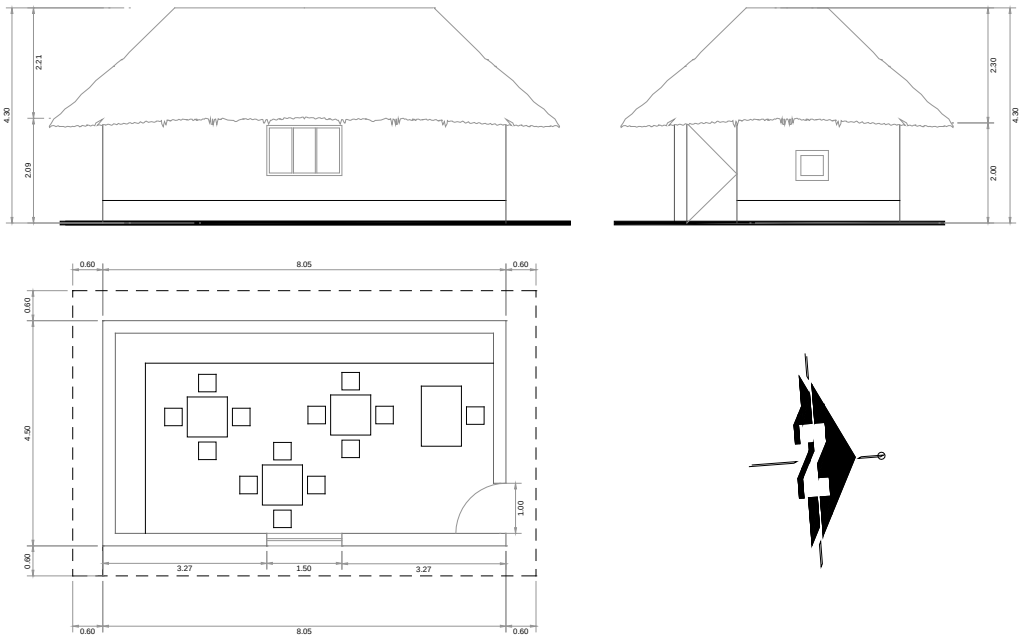
Tabla 2 – Valores de pH con diferentes porcentajes de cal

% cal	**Mixteca M1**		**Mixteca M2**		**Mixteca M3**		**Mixteca M4**		**Mixteca M5**	
	indiv.	prom.	indiv.	prom.	indiv.	prom.	indiv.	prom.	indiv.	prom.
0	7,54 7,41 7,49	7,51	5,56 5,55 5,54	5,55	6,03 6,01 5,99	6,01	5,59 5,58 5,56	5,58	7,61 7,63 7,63	7,62
1	10,59 10,70 10,80	10,69	11,73 11,72 11,72	11,72	10,70 10,68 10,66	10,68	10,20 10,22 10,22	10,21	12,05 12,07 12,09	12,07
2	12,02 12,06 12,10	12,06	12,40 12,40 12,38	12,39	11,70 11,70 11,70	11,70	11,35 11,37 11,37	11,36	12,29 12,30 12,33	12,31
3	12,48 12,53 12,55	12,52	12,43 12,48 12,48	12,46	12,21 12,21 12,22	12,21	12,17 12,18 12,18	12,18	12,35 12,36 12,38	12,36
4	12,63 12,64 12,64	12,64	12,50 12,49 12,48	12,49	12,34 12,34 12,34	12,34	12,37 12,38 12,39	12,38	12,41 12,43 12,44	12,43
5	12,63 12,63 12,64	12,63	12,50 12,56 12,54	12,53	12,40 12,40 12,41	12,40	12,44 12,48 12,48	12,47	12,43 12,46 12,47	12,45
6	12,63 12,63 12,64	12,63	12,55 12,55 12,54	12,55	12,44 12,46 12,47	12,46	12,51 12,53 12,53	12,52	12,47 12,49 12,51	12,49

Con estos datos se detecta el porcentaje en peso de cal necesario para obtener un pH mínimo de 12,4, que es el requerido para estabilizar las arcillas. Las tierras estabilizadas con el 5% se usaron en pisos, mezclas para juntas y revoques.

En el recorrido antes mencionado se encontraron albañiles (maestros de obra) que aún realizan construcciones con materiales locales, de los cuales uno de ellos accedió a conversar sobre el proceso constructivo y se comprometió a edificar una vivienda para que el proceso pudiera ser documentado.

El proceso constructivo que se describirá a continuación, mismo que se tomó como base para la construcción de la biblioteca de 36,2 m^2, es producto tanto de las pruebas de laboratorio como de la recuperación de la experiencia constructiva de los maestros de obra que aún conservan la tradición constructiva de la región. El procedimiento se describe a seguir.



Biblioteca

Cimentación de mampostería de cantera

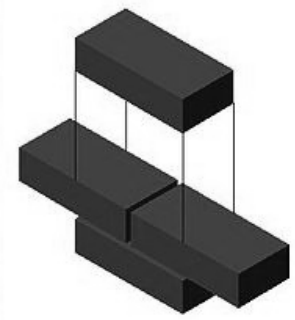
Esta se realiza con cantera y se pega con mezcla de tierra (muy rica en arcilla) tamizada con arena y paja, previo a la colocación de la primera capa se debe mojar la tierra para evitar que absorba el agua de la mezcla. Las piedras más grandes se colocan en la parte inferior, acomodándose en forma cuatrapeada tanto en horizontal como en vertical buscando que asienten bien una contra otra y donde quedan huecos se colocan piedras más pequeñas. La corona de la cimentación (parte alta de la cimentación) se realiza del ancho del muro de adobe. Para esta mezcla se utilizó 5% de cal de acuerdo al estudio de Eades y Grim (1966)

Muros de adobe

Se inicia limpiando y humedeciendo la corona de cimentación, los adobes se pegan con la misma mezcla de la cimentación (tierra, arena y paja). Para comprobar que la mezcla tiene las proporciones correctas, se introduce una pala sobre la mezcla y si al sacarla sale sin arcilla quiere decir que está bien, posteriormente se agrega un balde de cal por cada 5 de ésta mezcla, es decir un 20% de cal.

Los adobes utilizados para la construcción de los muros tienen las siguientes dimensiones: 25x38x6 cm. Son de Agua, Paja y Tierra (30% de arcilla), con un sistema de aparejo y traba en soga y traslape en las esquinas, como se explicará más adelante.

La forma de pegar el adobe es la siguiente: la primera hilada se inicia en una esquina con una pieza completa y se ajusta al final, el despiece de las hiladas se procura que sean piezas completas, o mitad intentando nunca tener juntas continúas en las verticales. La segunda hilada se inicia con una cuarta parte de adobe, tratando que todas las hiladas estén traslapadas tanto en horizontal como en vertical. Se recomienda que la junta sea lo más delgada posible, aunque esta varia un poco por la irregularidad de los adobes.



Aparejo de adobe

Para las puertas y ventanas, se coloca una viga apoyada sobre un ladrillo, pegado con mezcla de tierra, en la última hilada de adobe.

Revoques de tierra con paja

El revoque es el recubrimiento que se le da a los muros y se realiza de la siguiente manera:

En la parte interior se realiza con dos capas, la primera es con tierra, paja molida y 4% de cal máximo 5 mm de espesor siguiendo la forma del adobe y la mezcla, nunca a regla.

Para la segunda capa se aplica una mezcla hecha de tierra tamizada con una tela de mosquitero, paja más fina que la que se usó en la primera capa, máximo de 2 mm y se bruñe con piedra de río ovalada y lisa con el fin de que no ralle la superficie.

Revoque de tierra y pintura al fresco.
Arq. Pedro Pizarro

Para la parte exterior se hacen los revoques también con dos capas, pero con la diferencia de que en la segunda se aplica un tanto de tierra con paja y un tanto de cal, esto es 1:½ balde de tierra, ½ balde de paja y 1 balde cal.

Pisos de tierra

1.-Se saca tierra del terreno y se deja extendida por varios días con el fin de que pierda la humedad y se generen grietas en su consistencia (proceso de cuarteadura).

2.-Una vez que se ha llevado a cabo el proceso de cuarteadura la tierra se junta y se mezcla con muy poca agua, a esta actividad se le llama “prepara la tierra”.

El área que se va cubrir se divide con cantera o madera en cuadros de 1,0 m x 1,0 m aproximadamente. Dentro de los cuadros se coloca una capa de grava de ¾ de pulgada entre 10 cm y 15 cm de profundidad; esta capa funciona como aislante de la humedad.

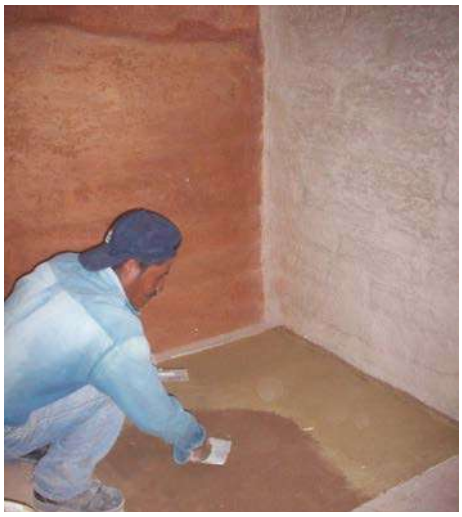
3.- Posteriormente se vacía en el área la tierra preparada por capas de máximo 10 cm, y se compacta con un pisón de 4,8 kg de madera dura de encino dejando la superficie a nivel y lisa para recibir el acabado.

Primera capa de piso

4.-El acabado final se elabora en dos partes:

Primera: se realiza una pasta con ½ bote de tierra cernida con un tamiz de 2 mm en un bote de 20 l ½ de tierra, esta se deja pudrir durante 10 días moviéndole por la tarde y mañana hasta desbaratar todos los grumos. La tierra queda en estado líquido, obteniendo el color posteriormente se mezcla con 5% de cal

Segunda: se realiza con tierra tamizada en tamiz de 0,04 mm (tela de mosquitero) y se mezcla con 5% de cal hidratada, se revuelve con la pintura natural (color de tierra) hasta dejar un color homogéneo y se aplica una capa no mayor a 2 mm con una llana metálica. Se deja reposar alrededor de una hora, posteriormente se pule y se cubre con un plástico para que el secado sea muy lento, posteriormente se revisa si no tiene contracciones y si las tiene se le da una pulida adicional. La superficie queda completamente pulida y de un color oscuro que conforme seca se va aclarando.



Segunda capa de piso, Maestro Honorio Santiago Guerrero

Techos de palma

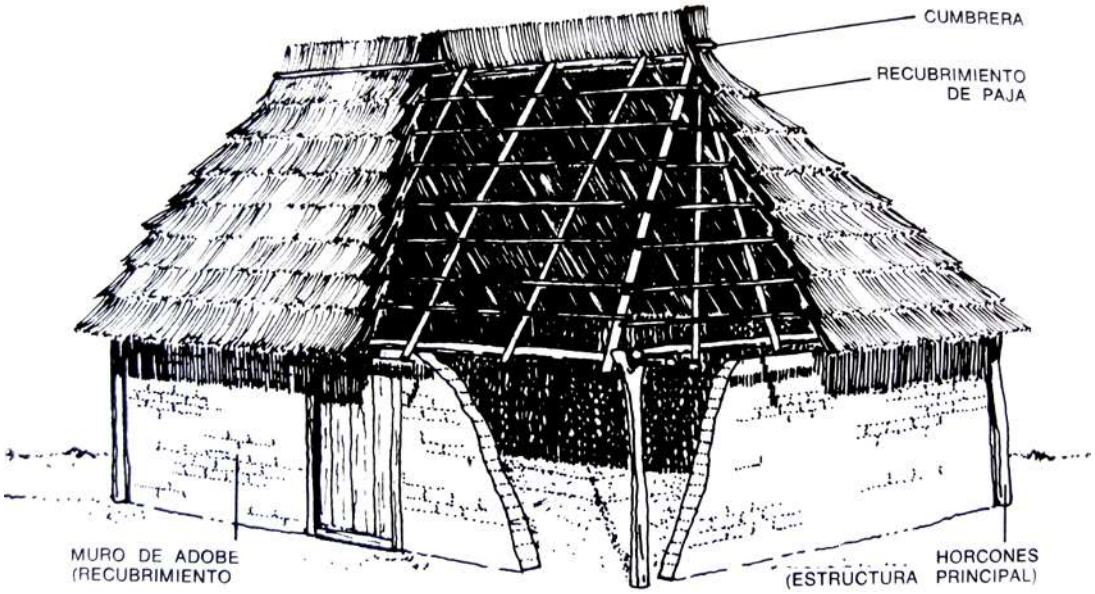
Sobre los cuatro muros de adobe se coloca un marco con vigas de ocote de 8” aproximadamente, en las esquinas se cruzan las vigas en forma machimbrado dejando un volado de 20 cm. Posteriormente encima de la viga marco de 8” se hacen unas perforaciones donde entraran los morillos. Estos son de enebro de 2” a 3” de espesor en la parte baja se les saca punta y en la parte alta tiene una perforación para que sea atravesada por un clavacote (perno de madera) de encino (*Quercus ilex*). Los morillos de enebro *(Juniperus communis)* son colocados de forma triangular, en la parte baja es más abierto y en la parte alta termina en forma de triángulo, apoyada en una madera que funciona como cumbrera y unidos en triángulo por el clavacote, esta estructura funciona como tijera.

A la mitad de la tijera se coloca otro morillo 3” a 4” el cual une a todas las tijeras, después se colocan morillos de la cumbrera a la viga marco de 8”, todas amarradas con lazo de ixtle (*aechmea magdalenae)* y se refuerza con amarres de alambre y un clavo en la viga marco.

Posteriormente se colocan unas varas de cuilotes (*Montanoa torrentosa*) o guachilocos (madera local que sale de un arbusto) de 1“ en forma perpendicular sobre l[illegible] on lazo de i[illegible] cubierta se c[illegible] hojas muy d[illegible] arriba. Se r[illegible] ción mayor a[illegible]

Interior de la biblioteca terminada

Cubierta en proceso de construcción



Esquema de construcción de cubierta vegetal. Valeria Prieto: 1994. Las anotaciones obedecen a materiales propios de la Región Mixteca, tal como se describe en el proceso constructivo

5. CONCLUSIONES

Es importante dar cuenta de que la arquitectura tradicional constituye un referente cultural histórico, de tal manera que cuando se plantea la recuperación de ésta no se refiere a repetir esquemas, sino a interpretarlos en las soluciones contemporáneas, es decir entender el sentido de estas soluciones para dotar de significado a la labor arquitectónica según el sitio del que se trate.

Con las pruebas de laboratorio se observa que dada la resistencia de los materiales locales y su accesibilidad en cuanto al costo de los mismos, representan una verdadera opción

tecnológica y económica para la Región Mixteca. Es por ello que se plantea la necesidad de valorar la arquitectura tradicional de tierra de la región para poder conservar su uso y con ello encontrar los aportes que la tradición constructiva, además de contribuir a una reconciliación con los usos y costumbres de los pueblos originarios y convertirse en una herramienta para el afianzamiento de la identidad.

Por lo anterior se ratifica la posibilidad de construir viviendas con materiales regionales, sin lesionar al medio ambiente, respetando además el conocimiento y la sabiduría ancestral, eliminando la dependencia a ciertas patentes o materiales de importación. Asimismo, se intenta evitar la pérdida de la memoria constructiva y enfatizar que es posible construir viviendas de alta calidad y confort sin un gramo de cemento o acero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Eades, J. L., Grim, R. E. (1966). A quick test to determine lime requirements for soil stabilization*. Highway Research Record No. 3*. Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council, Highway Research Board.

López Bárcenas, Francisco (2012). *Nava ku ka´anu in ñuú. Para engrandecer al pueblo.* México: Centro de Orientación y Asesoría de Pueblos Indígenas.

Torres Zárate, Gerardo (2012). La casa flechada. En: *Cuatro Casa. Vivienda vernácula*. México: IPN/Plaza y Valdéz

Notas

[1] El Centro de Formación y Gestión para el desarrollo sustentable de la Mixteca se encuentra localizado en el Municipio de Nochixtlán, perteneciente a la Mixteca Alta, y tiene como uno de sus objetivos valorar el potencial que los propios pueblos tienen para elaborar sus proyectos de vida y de llevarlos a cabo. Para ello es indispensable dejar de idealizarlos y verlos como verdaderamente son, tomando en cuenta su cosmovisión, su organización propia y sus aspiraciones específicas.

[2] Territorio mixteco.

[3] Empresa mexicana, fabricante de cal hidratada y sus derivados.

[4] Este procedimiento se basa en el hecho de que la adición de cal necesaria para estabilizar un suelo es aquella que garantiza el mantenimiento de un elevado pH que permita el desarrollo de las reacciones puzolánicas. Para ello, se ensayan muestras con distintos porcentajes de cal, midiéndose el pH en determinadas condiciones. El porcentaje óptimo es aquel que permite alcanzar el valor de 12,4.

Agradecimentos

Se agradece al Ing. Bernardo Díaz del Guante, al M.I. José T. Leyva, al Ing. Rigoberto Salas y al Ing. Quetzalcóatl Hernández del grupo CALIDRA por realizar las pruebas de laboratorio de tierra y hacer las recomendaciones para estabilizar las tierras para este trabajo. Así mismo se agradece el apoyo que brindaron el Ing. Salvador Lee y el químico Juan Cristóbal.

Currículo

Ramón Aguirre Morales. Es Arquitecto por la Universidad Autónoma de México, Posgraduado en cubiertas ligeras, miembro de la organización PROTERRA, profesor de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca. Es instructor de talleres y conferencias en México y el extranjero, y Director de la firma Arcilla y Arquitectura S.C..

Selene Laguna Galindo. Es Arquitecta por la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Actualmente estudia la Maestría en Diseño. Sus líneas de trabajo son el regionalismo e identidad a través de la arquitectura, que incluye temáticas como participación social y apropiación del espacio construido. Profesora de Arquitectura del Departamento de Investigación y Conocimiento UAM-Azcapotzalco.

DISEÑOS EN TIERRA: ENTORNO, FORMA Y MATERIA

Marco Aresta, Gonzalo Castaño, Giulia Scialpi, Nico Mayer

ecoHacer: Bio-Arquitectura y Bio-Construcción; Buenos Aires, Argentina;
ecohacer@gmail.com

Palabras claves: Diseño, Bioambiental, Naturaleza, Geometría

Resumen

En esta ponencia se trata de exponer el resultado de los últimos años de investigación proyectual y constructiva en relación a lo que la Naturaleza nos brinda para el Diseño de espacios arquitectónicos, teniendo la tierra como materialidad de base para su concreción.

Se toma el Diseño como traductor del conocimiento de la Naturaleza para su aplicación en la Arquitectura. El mismo Diseño, como herramienta interpretativa, tiene la prioridad a la hora de descifrar y elegir la Naturaleza como entorno (lugar y clima de implantación), como forma (geometrías y proporciones presentes de manera permanente), y como materia (los materiales naturales, sanos y locales). Las tres temáticas que determinan la investigación proyectual y de obra se cruzan y se mezclan en puntos de influencia.

Como premisa de este recorrido tenemos la tierra con letra minúscula, como material “madre” en la concreción de la Arquitectura; pero también la Tierra con letra mayúscula, como metáfora de la Naturaleza que nos expone a lo que necesitamos para una estrategia para Habitar el planeta de manera sustentable.

El entorno es estudiado con criterios científicos, aplicando el diseño bioclimático en la evaluación de las condiciones físicas del lugar y del clima, para garantizar la eficiencia energética y el confort en las construcciones.

La forma es analizada a nivel geométrico por la eficiencia estructural de las geometrías de la Naturaleza, pero también como referencia estética y espacial; y por su inspiración espacial y estético-formal. Partimos de la hipótesis que las geometrías y proporciones presentes de manera permanente en el Naturaleza biológica se coadunan mejor a nuestro habitar como seres bilógicos que somos.

La materia, como la tierra, los áridos o las fibras, son investigados para su aplicación en tecnologías y sistemas constructivos edilicios, que permitan la económica y duradera utilización en la construcción.

El Diseño transmite a la arquitectura la necesidad de una intervención con bajo impacto ambiental, donde la sustentabilidad de la arquitectura en tierra se mide a nivel de espacialidad, de estética, de economía, de energía y de estructura.

Se busca en la Naturaleza lo que ella expresa y oculta, coincidiendo con la frase de Leonardo Da Vinci: “La Naturaleza no infringe jamás su propia Ley. ¡O necesidad inexorable! Obliga a todos los efectos a ser los resultados directos de sus causas, y, por una Ley suprema e irrevocable, cada acción natural te obedece de acuerdo con el proceso más corto.” La tierra inaugura y cierra el recorrido del Diseño.

1. DISEÑOS EN TIERRA

1.1 Tres climas, tres lugares, tres estrategias

Se presentan aquí tres proyectos desarrollados en el último año, ambos en etapa de construcción, que presentan respuestas diferenciadas a nivel constructivo y morfológico, según las condiciones climáticas específicas de cada lugar.

Como primer núcleo temático: los recursos a nivel de diseño bioclimático utilizados en cada proyecto son prácticamente los mismos, aunque cambia su estrategia de aplicación, eficiencia, dimensionamiento, cantidad, orientación, etcétera.

Como segundo núcleo temático: la morfología también cambia en función de la latitud y microclima en que se encuentra el terreno de implantación. En el caso de la vivienda ubicada en la provincia de Buenos Aires (zona bioambiental IIIb – baja amplitud[1]) ésta se abre en una especie de "u" hacia el Norte creando una galería. En el caso de la vivienda ubicada en la provincia de Córdoba (zona bioambiental IIIa – mayor amplitud[2]) ésta se cierra hacia una geometría concéntrica. Por último la vivienda ubicada en la provincia de Neuquén en zona andina (zona bioambiental VI – muy fría[3]) tiene una morfología compacta con una estrategia de protegerse del exterior.

Como tercer núcleo temático: la materialidad con la que se construye es diferente según las exigencias del clima dónde se ubica. La vivienda, como organismo vivo, tiene que abrigarse en función de la zona climática, construyendo una piel adaptada para cada exterior.

En la base del proceso de generación de los proyectos arquitectónicos, se realizan simulaciones, mediciones y comprobaciones, a través de procesos geométricos o aritméticos, sobre los comportamientos del diseño bioclimático y la eficiencia energética. Se puede así verificar errores o deficiencias en la morfología, envolvente, materiales, etcétera, y ajustar las soluciones a los requerimientos locales.

En todos los proyectos se evitan los movimientos de tierra y se minimizan al máximo el transporte de materiales a través de la utilización de materiales locales como la fibra existente y la tierra arcillosa extraída del propio terreno.

En general se opta por una morfología orgánica pautada por la línea y superficie curva que no interfiera con el entorno dominante y privilegie el recorrido solar, la entrada de luz y de aire de manera natural, así como el libre flujo visual entre el interior y el exterior. Además se privilegia una distribución espacial interior que minimiza las circulaciones aumentando la superficie útil.

Para las paredes exteriores se utilizaron materiales poco densos con un valor de conductibilidad térmica (λ) bajo. Para tal se tiene como referencia la Tabla 1.

Tabla1. Conductibilidad térmica de los materiales

Material	**λ (W/m·K)**	**referencia**
Arena	0,58	IRAM-11601, 2002
Arcilla	0,37	IRAM-11601, 2002
Paja de avena	0,091	González; Gutiérrez, 2012
Piedra Pómez	0,13	González; Gutiérrez, 2012
Aserrín	0,092	González; Gutiérrez, 2012

1.2 Estado del arte

Considerando cada vez más la importancia del estudio del proyecto arquitectónico en un contexto de sustentabilidad, su ámbito de investigación se amplía en la incorporación de temáticas que directamente están vinculadas a un nuevo paradigma de espacialidad y de formas de habitar con referencia en la Naturaleza reconociéndonos como seres biológicos.

Sirven de antecedentes la corriente arquitectónica llamada Bioarquitectura o también llamada de Arquitectura Biológica[4], la formación en diseño bioclimático y en geometrías presentes en la Naturaleza (Spinadel, 2010), así como el intercambio producido en la práctica de obra entre y con los técnicos.

Por último, el trabajo de capacitación y formación en técnicas de construcción en tierra, sirve para la constante actualización y divulgación del tema entre profesionales.

2. ESTUDIO DE CASO. VIVIENDA V&E

2.1. Entorno / contexto

El lugar de implantación está situado en un terreno en la Municipalidad de Villa La Angostura, Provincia de Neuquén, Argentina, y tiene un área de 2500,82 m^2. El terreno está situado en la Zona Bioambiental VI (muy fría) según Norma IRAM 11603: 1996 en una Latitud de 40ºS. El presente proyecto está constituido por una construcción de dos plantas y cuenta con un área útil de 140 m^2.

Los recursos bioclimáticos y de sistema solar pasivo se suman a tecnologías apropiadas que hacen uso de las energías renovables y promueven la sustentabilidad edilicia en una zona climática y geográfica muy sensible, por tratarse de una región vulnerable a impactos ambientales naturales como las recientes cenizas del volcán Puyehue o la existencia de actividad sísmica.

Como primera medida a nivel de recursos de diseño bioclimático se utilizaron ventanas de doble vidrio y con marcos protegidos de la entrada de aire desde el exterior. Como decisión de diseño se ubicó el mayor porcentaje de vidrio al Norte de modo a obtener ganancias energéticas directas durante los meses más fríos. Por otro lado, al Sur, se redujo el área de vidrio, en respuesta a los valores mínimos para iluminación y ventilación natural. Una de las estrategias de diseño pasivo fue la incorporación de un jardín de invierno (invernadero) al Norte que funciona como sistema de calefacción pasivo de manera indirecta con fuerte eficacia por su máxima exposición a la trayectoria del Sol. Está compuesto por un cerramiento vidriado de 6,4 m^2, un piso acumulador de 6 m^2 que capta la energía solar de manera directa, acumulándola en su masa térmica y liberándola por la noche, amortiguando así el descenso de la temperatura interior por la noche. Las ventanas tienen un paño de abrir superior que permite la ventilación cruzada en el verano evitando el exceso de calor. Al Sureste se destinó para el Filtro natural para tratamiento de aguas[5]. Las paredes son de materiales de baja conductibilidad térmica para garantizar la aislación de la vivienda.

La calefacción del espacio por sistema activo está hecha por estufas a leña de alto rendimiento. Sus caños de extracción son revestidos de tierra para aprovechar la energía irradiada y concentrar por inercia térmica el calor, antes de su salida al exterior. De este modo es posible calentar los espacios de la planta alta, así como retardar el punto de enfriamiento después de terminada la combustión de la leña. Hay dos núcleos de fuego ubicados en los “centros” Este y Oeste de la vivienda. Este recurso hace posible la homogénea distribución de la energía calentando todo el espacio.

El acceso a la vivienda desde el exterior se resolvió con un Hall de Frío que actúa como “espacio tapón” para el ingreso del viento frío y para atenuar las pérdidas térmicas. Este recurso es básicamente obligatorio en este clima.

Los tabiques interiores buscan otorgar prioridad a una mejor distribución interna del calor o de la refrigeración circulante por convección natural, no constituyendo barreras arquitectónicas entre espacios.

2.2 Forma / espacio

La morfología de la planta corresponde a una lemniscata dividiendo el interior en dos núcleos complementarios y opuestos. Esta geometría está definida en múltiples manifestaciones de criaturas y procesos vivientes del macro y micro cosmos, tales como las formas que encontramos de un campo magnético o en una simple manzana. La lemniscata fue generada por el mecanismo de Watt, definiendo dos rectas que pasan por dos centros ubicados en a una distancia igual (4,40 m) del centro en el eje Este/Oeste.

La lemniscata es el símbolo del infinito circular (ocho) y como cualquier forma basada en la simetría, determina el equilibrio y armonía en sus espacios.

La morfología del techo corresponde a la “Curva de Viviani” (Figura 1) originada por la intercepción de una esfera con un cilindro y acompaña la forma de la planta, dado que sería

su proyección en el plano horizontal. De esta manera la geometría de la casa es un gesto simple y continuo. (Figura 2)

La morfología fue también coincidente con el culto Budista de los propietarios y con el universo simbólico de esta cultura. En la mayoría de las decisiones está el equilibrio entre dos polos opuestos y complementarios (yin/yang, positivo/negativo, este/oeste). Esta intención esta materializada también en los arcos o el diseño de la estructura del techo .

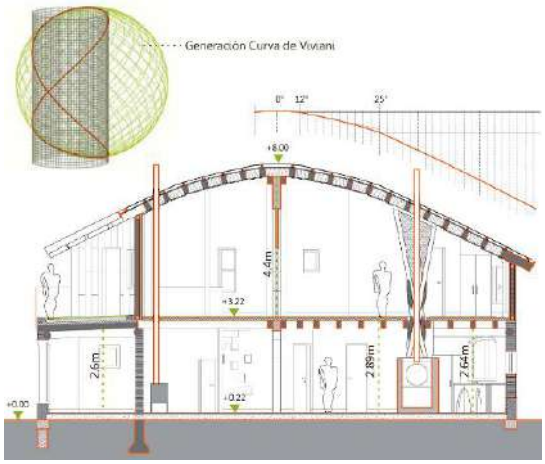


Figura. 1 (a la derecha) Corte longitudinal de vivienda V&E.
Figura. 2 (a la izquierda) Vista Norte de la vivienda

Otra de las premisas fundamentales para la elección de la morfología del proyecto fue su resistencia a los sismos dado que el lugar de implantación es considerada zona sísmica 2 – sismicidad media. Es importante la forma curva continua sin quiebres, tal como la planta del proyecto, para la distribución uniforme de los esfuerzos. Los dos volúmenes acoplados al Norte y al Sur son segmentos de circunferencia y funcionan como pies (contrafuertes) que simétricamente refuerzan la totalidad del volumen edilicio. La misma forma se asume como resistente, por su característica volumétrica orgánica, a los vientos dominantes y a los vientos fuertes.

2.3 Materia / técnica

La vivienda está hecha de una estructura independiente de madera de ciprés y paredes de bastidores de madera con relleno alivianado de paja y arcilla apisonada en un encofrado curvo. A esta técnica se llama “paja encofrada”.

Los techos son de chapa para disminuir el peso de la construcción y acumular el agua de la lluvia, exceptuando el techo del balcón, que es un techo vivo y tiene acceso directo desde la habitación de la planta alta.

Dado que en el terreno había piedra pómez junto con arena volcánica y, siendo este un material de baja conductibilidad térmica (Tabla 1) además de un recurso local, se incorporó para la aislación del techo, del entrepiso, del piso y para el muro.

Los muros exteriores, con técnica “paja encofrada” tienen un espesor de 25 cm y con un revoque de tierra de 1/2” de cada lado, concluyendo con una medida final aproximada de 27,5 cm. El material utilizado para la construcción de los muros está hecho con una mezcla de arcilla (25%), viruta (25%), paja de avena (25%) y piedra pómez con arena volcánica (25%). Por su baja densidad y por la aplicación de materiales con baja conductibilidad térmica se logra un muro aislante.

3. ESTUDIO DE CASO. VIVIENDA L&P

3.1. Entorno / contexto

El lugar de implantación está situado en un terreno con un área de 1055 m^2, ubicado en la localidad de Bella Vista, Provincia de Buenos Aires, Argentina. El terreno está situado en la Zona Bioambiental IIIa (Templada cálida) según Norma IRAM 11603: 1996 en una Latitud de 34º34'S. El presente proyecto está constituido por una construcción de una planta y cuenta con un área útil de 118 m^2.

El área de implantación es plana y cuenta con buena exposición solar. Las especies arbóreas que se conservaron son cipreses calvos al noroeste y ginkgo biloba (hoja caduca) al oeste como forma de controlar el exceso de radiación directa en la época estival. Se realizó un espacio de huerta al noreste y se propuso plantar frutales.

Las estrategias de diseño bioclimático se realizaron en base a dos premisas:

- en el Invierno el aprovechamiento de ganancias energéticas y la contención de perdidas.
- en el verano la protección de exceso de ganancias energéticas y el beneficio de perdidas propositivas.

Esto se obtuvo con:

- muy baja transmitancia térmica en la piel exterior, con muros de adobe y techo vivo con aislantes livianos, superando el nivel B "medio", establecido en la normativa (IRAM 11605, 1996) a fin de conservar el calor interior y ofrecer protección del sol estival.
- una forma edilicia semi-compacta con una planta concéntrica evitando las áreas de circulación y abierta al Norte.
- diseño de aleros dimensionados para lograr protección total de la fachada norte en periodos de fuerte radiación solar mientras permiten la captación de Sol en el Invierno.
- postigones como protección del Sol de Oeste y techos con pendientes variables para aprovechamiento de radiación en el Invierno (iluminación y calefacción natural).
- un techo vivo como reducción del impacto ambiental.
- uso de sistemas solares pasivos, tal como ganancia directa, muro y piso acumulador.
- uso de tecnologías pasivas, tal como el caño subterráneo combinado con chimeneas solares de ventilación.
- uso de tecnologías activas tal como estufas de alto rendimiento y uso de colectores solares para calentamiento de agua como objetivo la reducción de la demanda energética.

En la galería Norte se previó también la existencia de una pérgola con enredadera para disminuir la ganancia solar en el verano.

Otra de las cuestiones a considerar son las pérdidas energéticas propositivas importantes para el cálculo de confort higrotérmico. Para este caso se actuó con el Diseño en la aplicación de conductos verticales (chimeneas solares) para la ventilación por efecto chimenea con una abertura superior regulable (Figura 3), junto con la ventilación cruzada, de manera a extraer el exceso de calor de la vivienda por convección natural en el verano, logrando refrigerar sin recurrir al acondicionamiento artificial.

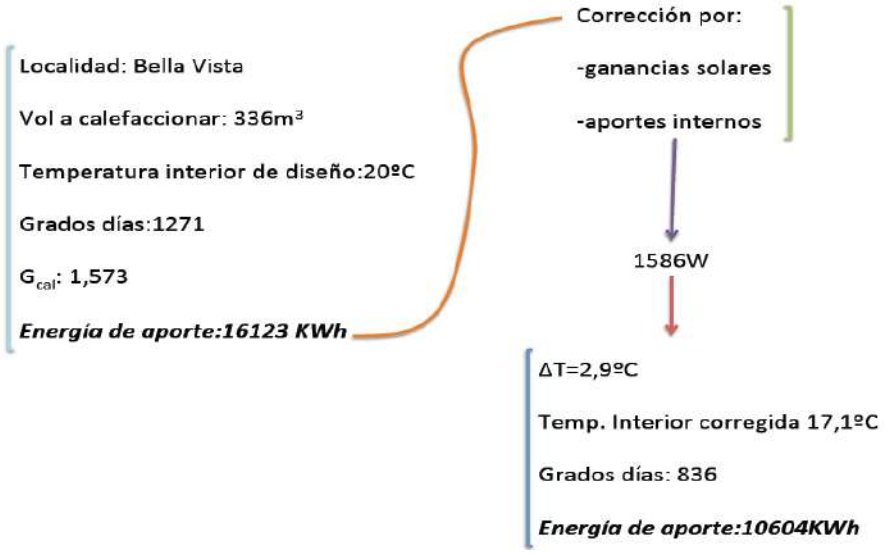
La elección de techo vivo tuvo que ver con dar continuidad visual a las construcciones vecinas integrando la vivienda en el entorno, pero también se eligió por: su capacidad para equilibrar la humedad exterior, aislar acústicamente, producir oxígeno y retardar la caída de agua del techo con el objetivo de evitar exceso de agua en el terreno. Además, un techo vivo devuelve al entorno la mayoría de la superficie de tierra orgánica sacada para la implantación edilicia. Los techos al Sur se diseñaron bajo la forma de paraboloide hiperbólica levantándose hacia el norte para captar la luz del sol (Figura 3).

Figura. 3 (arriba) Vista axonométrica ubicada en la fachada Norte de la vivienda.

Por último se expuso la vivienda al cálculo de factor “G” de pérdidas de calor (IRAM 11604, 2004)[6]. Este cálculo se hace a la mitad del proceso proyectual de manera que se puedan corregir datos a partir del Diseño. A partir de ganancias solares directas dadas por el Diseño y aportes internos dados por la actividad humana y por artefactos, se mejoró la necesidad de energía aportada para calefaccionar (Gráfico 1).

Para este cálculo fue importante la eficiente aislación de los muros, techo y piso con materiales mixtos con baja transmitancia térmica y con buena resistencia al paso del calor o del frío, entre el espacio exterior e interior y viceversa.

Gráfico 1. Cálculo de factor “G” de pérdidas de calor (IRAM 11604, 2004)



Sin embargo, se ha podido constatar que, el valor de la necesidad de energía aportada para calefaccionar (10604 kWh anual), no corresponde a la realidad dado que falta considerar, en los aportes dados por las ganancias solares, las tecnologías de diseño pasivo, tales como: el muro acumulador (tipo muro Trombe-Michel), el invernadero y el caño subterráneo[7]. Además, la necesidad de energía aportada sigue bajando con la incorporación de artefactos hechos en tierra como el horno de tambor y las estufas a leña de alto rendimiento y la distribución por sistemas pasivos como masa acumuladora o rejillas de ventilación.

Como conclusión se destaca la importancia de que las normativas evolucionen para contabilizar las tecnologías de diseño solar pasivo y activo en el cálculo de ganancias energéticas, así como la necesidad de aporte de energía para calefaccionar.

3.2 Forma / espacio

El entorno formal de arquitectura ortogonal sumado al gusto y marca cultural del propietario ha llevado a una morfología ortogonal en planta, con la incorporación de lo orgánico dado por la tridimensionalidad del espacio arquitectónico y la aplicación de una proporción geométrica a la semejanza de los procesos de crecimiento en la Naturaleza biológica: el gnomon. Esto se traduce en la progresión geométrica de la raíz de dos (√2) en planta.

En la planta del proyecto de la vivienda se encuentra la progresión geométrica con "razón" √2 propia de la diagonal del cuadrado[8]. Con lo cual el primer cuadrado tiene de lado 1 y de diagonal √2. El lado del segundo cuadrado es igual a √2 y la diagonal es igual a 2. La proporción entre la diagonal y el lado del cuadrado sigue siendo la misma cualesquiera que sean los cocientes (a:b) de la progresión. El crecimiento de las diagonales del cubo pueden ser escritas por una sucesión tal como: 1, √2, 2, 2√2, 4… Esto provoca un crecimiento progresivo (movimiento rígido de extensión) al mismo tiempo que origina una rotación. La forma se constituye por un movimiento rígido de extensión-rotación. Esta relación de progresión mediante la división por √2 se puede escribir:

$$\frac{lado}{diag.} : \frac{diag.}{lado} : \frac{1}{\sqrt{2}} : \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{2}{2\sqrt{2}} : \frac{2\sqrt{2}}{4} : \frac{4}{4\sqrt{2}} \; etc.$$

Esta relación fractal queda siempre inalterada y actúa como el fenómeno de división celular de los organismos vivientes. Cada cuadrado en la progresión es auto-semejante, o sea que confirma su invariancia en presencia de "cambios de escala" (Mandelbrot, 1977).

3.3 Materia / técnica

Los techos son de techo vivo. Para el techo con una aislación térmica de 10cm **(**tierra alivianada con 90% de fibra) se sumó una camada de cartón corrugado. Para efectos de ahorro de tiempo en la construcción y de estabilización y homogeneidad del material se probó con éxito la producción de unas placas de aislación térmica de 60 cm x 60 cm x 10 cm. En este caso la aplicación de la aislación ya se hace en seco (figura 4).

Figura. 4 (abajo) Placas de aislación térmica para el techo hechas de arcilla y paja; adobes hechos en obra.

Los muros exteriores son con técnica de adobe colocado a tizón con revoque de tierra de 1" de cada lado. Los adobes son livianos y tienen la dimensión de 25 cm x 12 cm x 6 cm, con lo cual la pared queda con 25 cm de espesor más 5 cm de revoque que suman 30 cm. El adobe esta hecho con una mezcla de bosta con arcilla (1-2) (10%+20%=35%), arena (30%) y paja de avena (35%), obteniendo un muro aislante para la zona bioclimática con un λ=0,33 W/m·K.

La técnica adobe con las dimensiones y proporciones de mezcla probadas no es aconsejable para los climas más fríos de Argentina porque no satisface la necesidad de aislación térmica de los muros exteriores. En las zonas medioambientales V y VI, se sugieren otras técnicas de construcción con tierra, más aislantes, tal como la "paja encofrada".

Sin embargo, para paredes interiores curvas y para arcos de puertas o dinteles, se utiliza el mismo adobe. Este adobe fue probado por su facilidad constructiva así como su inercia térmica propicia en el interior expuesto a radiación solar directa.

4. ESTUDIO DE CASO. VIVIENDA C&D

4.1. Entorno / contexto

El lugar de implantación está situado en un terreno en la Municipalidad de La Granja en la Provincia de Córdoba, el cual tiene un área aproximada de 4700 m^2 en una Latitud de 31ºS.

El presente proyecto está constituido por una construcción de 1 planta, escalonada en 3 niveles de cotas. Por tener una pendiente hacia el Sur, el terreno apenas queda expuesto al Sol, lo que dedujo en un diseño de la vivienda en distintos niveles. Además, el propio techo acompaña la pendiente y se eleva hacia el Norte para captar la radiación solar. Al Oeste, la vivienda se adapta al desnivel del terreno para incrustarse en la tierra protegiéndose del Sol estival de poniente.

La zona posee amplitudes térmicas elevadas entre el verano y el invierno y entre la noche y el día. Por ello era imperioso utilizar sistemas de calefacción combinados que requiriesen un mantenimiento mínimo y evitar la utilización de energía eléctrica. Esto resultó en un sistema combinado de colector solar con calefón conectado a estufa a leña como forma de calentar el agua. La demanda de calefacción de la vivienda se cubrió con el aporte directo del invernadero direccionado plenamente al Norte y Noroeste. Al invernadero se suma un sistema pasivo de piso y muro acumulador por inercia térmica y la ganancia directa dada por ventanas y claraboyas. En el verano, en el invernadero, hay una pérgola al Norte que le protege del exceso de radiación directa. Se aprovechó para el cálculo de protección solar el ángulo del Sol casi vertical, igual a 80º.

A nivel de sistemas solares pasivos para calefacción se ubicó un muro acumulador con ventilación (tipo muro Trombe-Michel) de 1 m de ancho por 2 m de alto en la pared Norte de 20 cm de espesor, donde se dejó el color oscuro del revoque en tierra. Sobre esa superficie se dispuso una caja con las mismas dimensiones con marcos de madera a los costados y un policarbonato hacia el frente. Esta caja, de un espesor de 10 cm desde el muro, genera una cámara convectiva. En la pared se encuentran dos perforaciones, arriba y abajo, de 0,01 m^2 cada una con una tapa interior de manera a poder generar el proceso convectivo y permitir la circulación de aire. En invierno, durante el día, la radiación solar acumulada en la cámara de aire asciende por convección ingresando al espacio interior por las perforaciones superiores. El muro tiene un rendimiento de 35% en relación al área a calentar (15 m^2), ayudando en el ahorro de energía. *A través de las aberturas situadas estratégicamente, el aire caliente penetra al local (aberturas superiores) y el aire frío retorna a la cámara (aberturas inferiores) para ser nuevamente calentado. Este sistema proporciona dos formas de restitución de calor: la convección natural (diurna) y el retraso térmico debido a la inercia del muro (nocturno)* (Evans; Schiler, 1988, p. 146).

La parte central de la casa, la cúpula, posee una claraboya de abrir, de manera a funcionar como chimenea de ventilación natural. Además, la ventilación se hace por procesos naturales de convección de manera cruzada por ventanas selectivas. La calefacción y refrigeración pasiva de la sala y cocina será ayudada por un conducto bajo tierra, a una profundidad de 1 m, con un diámetro de caño de PVC de 20 cm. El conducto tiene una pendiente de 5% en el sentido de la aspiración para la evacuación de los condensados. La salida del conducto es al Sudeste, cerca de la entrada vehicular de la casa colocada a 1,20m de altura para evitar el ingreso de polvo y tiene una rejilla que evite la entrada de

animales. Se puede instalar un pequeño ventilador de 5 w en la rejilla interior para facilitar la circulación de aire.

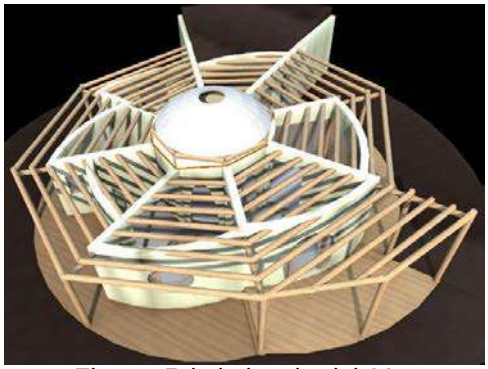


Figura. 5 (a la izquierda) Maqueta tridimensional de la morfología y la estructura del techo.
Figura. 6 (a la derecha) Vista de la fachada Sur de la vivienda.

4.2 Forma / espacio

El espacio central es el foco de la casa. Está determinado por un polígono regular octogonal que asume tridimensionalidad con su materialidad en el contorno del alero y en la división de espacios interiores. En el centro del octógono se materializa una cúpula en caña con cubierta de tierra y una claraboya central, funcionando como captador de luz. Esto beneficia la fluidez de espacios interiores y su comunicación con los espacios envolventes. Los espacios que envuelven el centro derivan de la rotación de secciones de espiral de Oro de levógiro y dextrógiro, las mismas que encontramos en la formación de múltiples morfologías de la Naturaleza biológica como el girasol o la piña (figura 5).

La espiral de Oro fue originada por un proceso geométrico, con la determinación en primer lugar de un rectángulo de Oro. Innumerables son las referencias en la Naturaleza biológica al rectángulo de Oro asociada al Número de Oro: $\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \Phi$ = 1,618….

Las secciones curvas de espirales de Oro al interceptarse con los ejes de un octógono determinan los límites de cada división interior correspondiente a los 8 espacios definidos por el programa original, promoviendo así una simetría dinámica rotatoria de acuerdo a las estructuras biológicas.

La aproximación al proyecto se hace desde varios puntos de manera jerarquizada, aunque la entrada de servicio al Sur esté delineada por un gesto formal que protege de los vientos y lluvia.

La morfología del techo, así como su técnica constructiva y su especificidad estructural corresponde a la intención de materializar una “paraboloide hiperbólica” derivada del objetivo de hacer un espacio orgánico en la plenitud tridimensional.

4.3 Materia / técnica

La vivienda está construida con una estructura independiente de madera de eucalipto con muros de tierra y terminaciones y pinturas a base de arcilla.

Las paredes exteriores son de “Tapial húmedo” con 30 cm de espesor, dejando las columnas de 20cm de diámetro adentro de la pared (figura 6).

El “tapial húmedo”, es una técnica en estado plástico, moldeable sin necesidad de compresión con auxilio de un encofrado y que una vez seco puede ser utilizado como material portante siempre y cuando se respete su capacidad de resistencia a la compresión. Para acelerar el proceso de secado se ha colocado tubos de PVC de 50 cm de diámetro cada 50 cm que una vez extraídos dejan huecos en la pared, posteriormente llenados con aserrín o viruta. Esto mejora la aislación térmica y el secado de la pared. En el caso de la vivienda expuesta, la pared ha sido armada con alambre de púa cada 25 cm al alto de la pared para conferirle mayor resistencia a posibles movimientos sísmicos.

La mezcla se hace con un contenido óptimo de humedad de manera que sea plástica y fácil de trabajar sin caer en el exceso para que la pared no se debilite una vez retirado el encofrado. La mezcla se hizo con un 1/3 de tierra arcillosa del lugar, 1/3 de fibra corta (sorgo de Alepo) y 1/3 de arena. Fue importante el material utilizado de manera a proporcionar una aislación térmica sin comprometer la inercia térmica también necesaria para este clima.

Esta técnica, todavía en estudio, fue ensayada en obra y al mismo tiempo ampliada por la práctica de los constructores Francisco Molins y Ruben Molins. Derivó de la necesidad de hacer paredes en curva y aislantes pero al mismo tiempo densas con menor esfuerzo y tecnología empleada que el tradicional tapial. Otra de las ventajas es que permite tener directamente la pared a plomo y lista para el revoque grueso-fino.

5. CONCLUSIONES

Cada proyecto sirve de investigación en relación a la morfología, a la materialidad y a los recursos bioclimáticos adoptados condicionados por el entorno.

Esto permite:

a) observar y comprender, por parte de los usuarios, los principios aplicados y los procesos consecuentes que ocurren en su vivienda;

b) conferir condiciones espaciales, formales y sanitarias dignas y con confort higrotérmico que garantizan su bienestar físico y psicológico;

c) valorizar el medio natural integrándose en su contexto físico-ambiental y socio-cultural;

No se puede pasar por alto que, al atribuirle la materialidad en tierra a la construcción, estos ítems se ven ampliados y articulados entre sí, dotando de coherencia al proyecto sustentable.

Pero huelga recordar que la tierra, por sí misma, no es sustentable. Es a través de la investigación en los procesos de proyecto y obra, que se logra incorporar estrategias de bajo impacto ambiental y de eficiencia energética, que concluye en la sustentabilidad de la vivienda. La investigación ha de realizarse sobre a los núcleos temáticos de entorno, forma y materia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aresta, Marco (2012). *Geometrías sustentables* en *proyecto y ambiente.* Si + amb: XXV Jornadas de Investigación FADU-UBA y VII Encuentro Regional; Buenos Aires: editora Aulas y Andamios; ISBN: 978-987-1597-22-2

Evans, M.; Schiler, S. (1988). *Diseño bioambiental y arquitectura solar.* Buenos Aires: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

González, A.; Gutiérrez, J. (2012). *Determinación Experimental de Conductividad Térmica de Materiales Aislantes Naturales y de Reciclado*; Bariloche; pag.5

IRAM (2002). Norma 11601 *Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.* 3ª edición; Buenos Aires: IRAM

IRAM (1996). Norma 11603 *Acondicionamiento térmico de edificios – Clasificación bioambiental de la República Argentina*. Buenos Aires: IRAM

IRAM (2004). Norma 11604 *Aislamiento térmico de edificios – Verificación e sus condiciones. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.* Buenos Aires: IRAM

IRAM (1996). Norma 11605 *Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios – Valores máximos de trasmitancia térmica en cerramientos opacos.* Buenos Aires: IRAM

Mandelbrot, B. (1997). *La geometría fractal de la Naturaleza*. Barcelona: Metatemas 49, Tusquets editores, (traducción de Josep Llosa). ISBN: 978-84-8310-549-8

Spinadel, V. W. de (2010). *From the golden mean to chaos.* Buenos Aires: ed. Nueva Librería (3ª edición). ISBN: 978-987-1104-83-3

Notas

(1) Zona bioambiental de clima templado con baja amplitud térmica. Clasificación según Norma IRAM 11603: 1996 que divide el territorio de Argentina por zonas en función de las características climáticas.

(2) Zona bioambiental de clima templado con alta amplitud térmica. Clasificación según Norma IRAM 11603: 1996 que divide el territorio de Argentina por zonas en función de las características climáticas.

(3) Zona bioambiental de clima muy frio. Clasificación según Norma IRAM 11603: 1996 que divide el territorio de Argentina por zonas en función de las características climáticas.

(4) El concepto de Arquitectura Biológicas estructura el ejercicio teórico/práctico. El postulado teórico tiene como base cuatro principios: 1) la utilización de un diseño bioclimático y de un sistema solar pasivo con la incorporación de tecnologías apropiadas; 2) la utilización de Geometrías de la Naturaleza en diseños que retoman los arquetipos de la humanidad; 3) la lectura cosmo-telúrica: campos y líneas electromagnéticas; 4) y la materialización con materiales sanos, naturales y locales.

(5) El filtro granulométrico sirve para el tratamiento de aguas grises y negras provenientes de la casa y su uso final en lavado o riego (no se aconseja el riego de huertas). Se basa en una cámara bajo tierra de 50 cm de profundidad al inicio y con una pendiente de 2%. La cámara se hace de hormigón con impermeabilización y tiene 1 m de ancho por 5 m de largo. Está compuesta de distintas camadas de 30 cm colocadas a 45º. La primera desde donde entra el agua es de grava (piedra canto rodado de 10 cm de diámetro), luego seguido de ripio, arena gruesa, arena fina y tierra. La última camada debe tener una tela sombra para impedir que la tierra se vaya. Una vez terminada la secuencia se vuelve a poner piedra y las siguientes camadas. La salida del agua tratada se hace por un caño en "T" de PVC 100 mm. Antes de la entrada del agua esta pasa por una fosa séptica en el caso de las aguas negras y por una grasera en el caso de las aguas grises, encontrándose en una cámara de inspección.

(6) El factor G tiene en cuenta las pérdidas a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos, no opacos, y en contacto con el terreno), más las pérdidas por renovación de aire. Gcal < Gadm. Gadm está definido por la norma IRAM11604 (2004) en función de los grados días de calefacción y el volumen de la vivienda a calefaccionar.

(7) Tecnología pasiva de calefacción y refrigeración. Se basa en un conducto bajo tierra donde el aire circula por diferencial térmico ingresando en el interior de la vivienda a una temperatura constante. Esta temperatura es la que se mantiene estable a 1m de profundidad. En el caso de climas templados puede andar alrededor de 17ºC a 18ºC y en climas fríos alrededor de 13ºC a 14ºC.

(8) La forma es determinada por el crecimiento de los elementos geométricos (progresión geométrica) que no sufren alteración salvo en su magnitud. Una progresión geométrica es una proporción que se obtiene multiplicando cada término por un factor constante llamado "razón". A esta característica de crecimiento y al fenómeno matemático los griegos le llamaban gnomon. Herón de Alejandría lo definió así "un gnomon es cualquier figura que añadida a una figura original, produce una figura semejante a la original". (Aresta, 2012) Esta es una de las formas de crecimiento más comunes en la Naturaleza.

Currículos

Marco Aresta, Arquitecto y Artista Plástico. Formación en Diseño Bioclimático (SCA Lisboa). Maestría en Lógica y Técnica de la Forma (FADU-UBA). Docente de Morfología General y Arquitectura Sustentable (FADU-UBA). Director de Investigación SI (UBA). Tareas de Investigación, Docencia, Proyecto y Asesoría Técnica en el ámbito de la BioArquitectura y Construcción Natural desde el Grupo Ecohacer.

Gonzalo Castaño, Ingeniero Civil (UNLP). Integrante del Grupo Ecohacer. Tareas de investigación y Proyecto en el ámbito de la BioArquitectura y Construcción Natural.

Giulia Scialpi, Arquitecta (Universidad Sapienza Roma). Integrante del Grupo Ecohacer. Tareas de investigación y Proyecto en el ámbito de la BioArquitectura y Construcción Natural.

Nico Mayer, Arquitecto (FADU-UBA). Integrante del Grupo Ecohacer. Tareas de investigación y Proyecto en el ámbito de la BioArquitectura y Construcción Natural.

ENVOLVENTE EN TIERRA CRUDA: EXPERIENCIA EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MIXTOS DE QUINCHA EN EL CENTRO TURISTICO CCH, CHILLEPÍN, CHILE

Cristián Bravo-Araya

Cristián Bravo-Araya Arquitectos, www.CBAarq.cl.
Santiago, Chile. cxbravoaraya@gmail.com

Palabras claves: permacultura, envolvente, tierra cruda, mucílago, quincha

Resumen

El siguiente artículo presenta y promueve la experimentación con tierra cruda en arquitectura contemporánea bajo el prisma bioclimático, considerando las técnicas, sistemas y detalles de construcción de la precordillera de la zona norte de Chile, explorados en la experiencia de la construcción del Centro Turístico CCH, ubicado en la localidad de Chillepín, IV Región de Coquimbo, Chile.

El Proyecto está compuesto por siete refugios con basamento semienterrado de piedra basáltica y envolvente de tierra cruda a través del sistema constructivo de quincha, aprovechando la potencial inercia térmica de los materiales en conjunción con una correcta orientación solar y la dirección del viento predominante.

El principal desafío del proyecto, es el desarrollo técnico de una cubierta con tierra cruda, que sea lo más liviana, modular e impermeable posible, sin afectar sus propiedades térmicas y con expresión total de la envolvente en tierra, tanto al interior como hacia el exterior de cada uno de los refugios. Como un acercamiento a la utilización de tierra cruda en la cubierta, se investigan, prueban y reproducen las soluciones constructivas tradicionales de la zona, clasificadas en:

1) Componentes y naturaleza del barro.

2) Proporciones y mezcla de sus componentes.

3) Aditivos y tratamientos aglomerantes e impermeabilizantes.

4) Sistemas constructivos prefabricados.

5) Montaje y terminaciones de la quincha.

El resultado de esta experimentación se expresa en la construcción del primer refugio, que expone la recopilación y prueba de las técnicas, sistemas y detalles de construcción en tierra adecuados a la volumetría, cargas y exigencias del proyecto y zona climática.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Ubicación

El proyecto se localiza en el pueblo de Chillepín, ubicado al interior del valle del Choapa en la comuna de Salamanca, región de Coquimbo. Esta zona, como muchas otras del norte de Chile, ve enfrentadas dos tradiciones culturales y constructivas en torno a la tierra cruda: la quincha y el adobe. No obstante, debido a su historia, desarrolló una cultura más enfocada al desarrollo de la quincha y sus variantes, mostrando más ejemplos de construcción en albañilería criolla con chonchones, un tipo de ladrillo fabricado artesanalmente secado al sol previo a su cocción, que de la construcción tradicional en adobe; que si puede ver durante el desarrollo de la colonia española en Chile.

El origen de esta localidad se remonta a la época prehispánica, con una serie de asentamientos indígenas que dejaron su huella en la zona, entre ellos las cultura molle, diaguita e incaica; y no fue hasta principios del siglo XX que comenzó un lento proceso de desarrollo y poblamiento después de la fundación de la ciudad de Salamanca en 1844.

Otro punto a considerar en el desarrollo de la cultura constructiva, es que Chillepín presenta un clima de estepa cálido con precipitaciones invernales; que se caracteriza por ausencia de nubosidad y sequedad del aire, debido a que las precipitaciones no son tan abundantes y a que los períodos de sequía son característicos de la zona. Por esta razón, los sistemas constructivos no se centran en el desarrollo de una tipología o materialidad particular para las cubiertas de las edificaciones, concentrando sus diferenciaciones en la manera en que se relacionan con el suelo, encontrándose distintos tipos de basamentos de piedra o pircas (figura 1), distribuidas a lo largo y ancho del valle.

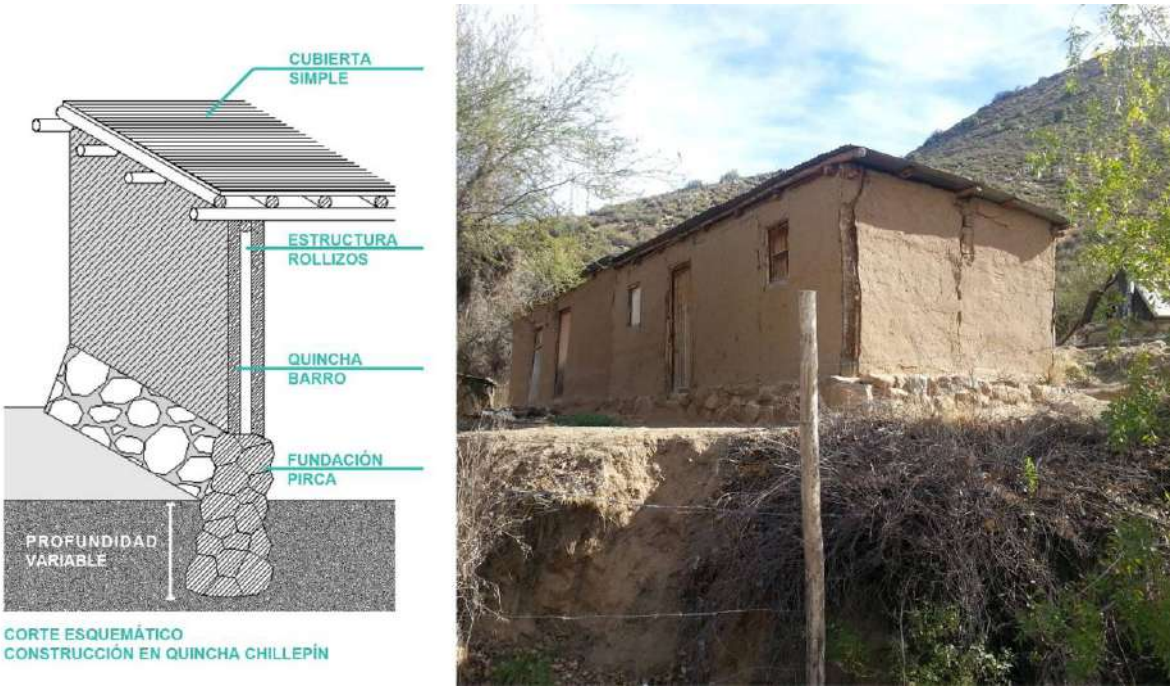


Figura 1. Corte esquemático y fotografía de caso tipo de construcción en quincha en Chillepín.

1.2 Encargo

El encargo consiste en un complejo turístico enfocado en la permacultura, compuesto por siete refugios, piscina y un espacio de eventos, diseñado para integrarse a un sistema preexistente de cultivo y cosecha de productos orgánicos como miel multiflora, arándanos y una serie de frutales de estación. Para lograr dicha integración, se pone énfasis en que la materialidad y la volumetría del proyecto sean coherentes y respetuosas con el paisaje que lo rodea, buscando alternativas dentro del ámbito de la sustentabilidad y concepciones bioclimáticas como eje articulador del proyecto.

1.3 El sitio

El terreno destinado para el proyecto, corresponde al tercer paño de una subdivisión agrícola previa, de forma trapezoidal y un área aproximada de 5000 m^2, con entrada directa desde la carretera que une Salamanca con el yacimiento de Minera Los Pelambres.

Como característica principal, el terreno presenta una pendiente irregular de 5 m entre el punto de acceso y el límite con el paño consecutivo, que se desarrolla de igual manera, con una pendiente de aproximadamente 15%. Además, considerando el resto del loteo, el circuito debe cubrir un territorio de más de 50.000 m^2, en el cual se desarrollan los programas anexos que el proyecto debe integrar: el sector de árboles frutales, la sala de cosecha de miel, las plantaciones de arándanos y un tranque de grandes dimensiones construido en el límite norte de la propiedad para el riego de los distintos cultivos; entregando la posibilidad de acceder a la medialuna de Chillepín, ubicada a un costado del terreno a intervenir (figura 2).

Figura 2. Contexto geográfico: sitio del encargo + programas preexistentes.

2. PROYECTO

El centro turístico CCH está compuesto por siete refugios de aproximadamente 50 m^2, dispuestos en cuatro terrazas de 1,4 m de altura aprovechando la pendiente del sitio para soterrar parte de su volumetría. Se propone un volumen con basamento semienterrado de piedra basáltica y envolvente de tierra cruda / quincha, aprovechando la inercia térmica de los materiales en conjunción con la orientación solar y dirección del viento. Como una manera de disminuir más aún el impacto sobre el paisaje, y aprovechar las ventajas térmicas que producía una envolvente continua, se plantea que los techos de los refugios sean completamente de quincha; siendo este uno de los principales desafíos constructivos del proyecto: el desarrollo técnico de una cubierta en tierra cruda que sea liviana, modular e impermeable sin afectar la calidad térmica ni la expresión final de la envolvente. Para lograrlo, se propone realizar un trabajo por etapas, en donde la primera de ellas, involucre la investigación y experimentación con las distintas técnicas constructivas en un refugio modelo, evaluado por un plazo de 3 meses desde el momento en que se considere una solución como la definitiva.

2.1 Sistema constructivo:

El sistema constructivo definido para los refugios, es un sistema mixto de quincha, que integra todas las observaciones realizadas en la zona y las mejorías arquitectónicas consideradas adecuadas para asegurar la persistencia en el tiempo y el menor grado de deterioro posible ante un evento sísmico. Según Minke (2001), dentro de los errores estructurales que provocan riesgos de derrumbe durante un sismo, se cuentan la poca atención a las distancias entre vanos y esquinas, la ausencia de refuerzos horizontales, una cubierta demasiado pesada sin arriostramiento, y una calidad pobre del mortero o mezcla de barro a utilizar, siendo irregular en su capacidad aglutinante y en las uniones (Minke, 2001). Tomando esto en consideración, se propone un sistema constructivo articulado y normado en estos principios, eliminando las distancias entre vanos y esquinas estructurales, generando un esqueleto con estructura continua y reforzada desde la fundación a la cubierta con travesaños regulares en toda su altura.

El sistema, se articula de la siguiente manera:

-Se genera una fundación de hormigón, atravesado por pletinas de acero de 6 mm estacadas a la profundidad necesaria para encontrar estabilidad sobre la roca. La expresión de esa fundación, es una pirca de altura variable, 80 cm en su punto menor y 140 cm en su punto mayor que trabaja como sobrecimiento de la estructura y protección ante la humedad.

-Sobre la pirca, descansa una estructura de pilares dobles y vigas de madera, que componen la silueta del volumen a construir utilizando los listones de canto para disminuir el esfuerzo de corte.

-Esta estructura de madera, está reforzada por un exoesqueleto de acero de 6mm, compuesto por perfiles tipo canal de 25 mm x 50 mm x 25 mm, que se amarran con el estacado de las fundaciones, y componen el sistema de evacuación de aguas de lluvias.

-En los vanos resultantes, se generan una serie de bastidores prefabricados con listones de pino de 2” x 6” dispuestos de canto, con un tratamiento de aceite de linaza doblemente cocido, en cuyo interior se dispone un relleno de tierra alivianada seca, fabricada a partir de los bastidores y sus vacios como moldaje.

-Una vez instalado el relleno, se procede a cerrar los bastidores por ambas caras con una superposición de malla hexagonal y ACMA, de manera de otorgarle adherencia y rigidez a la superficie, evitando que la tierra alivianada se humedezca o encapsule.

-Se proyecta la mezcla de barro sobre las mallas con un espesor no menor a 50 mm, cubriendo la totalidad de la envolvente, tanto por su interior como por su exterior, teniendo especial cuidado en el trabajo sobre los módulos que componen la cubierta.

-Se aplica un revoque de 2 cm a base de linaza y tratamientos hidrófugos en toda la envolvente a modo de terminación, sellando definitivamente el barro a los agentes externos como la humedad y el resecamiento (figura 3).

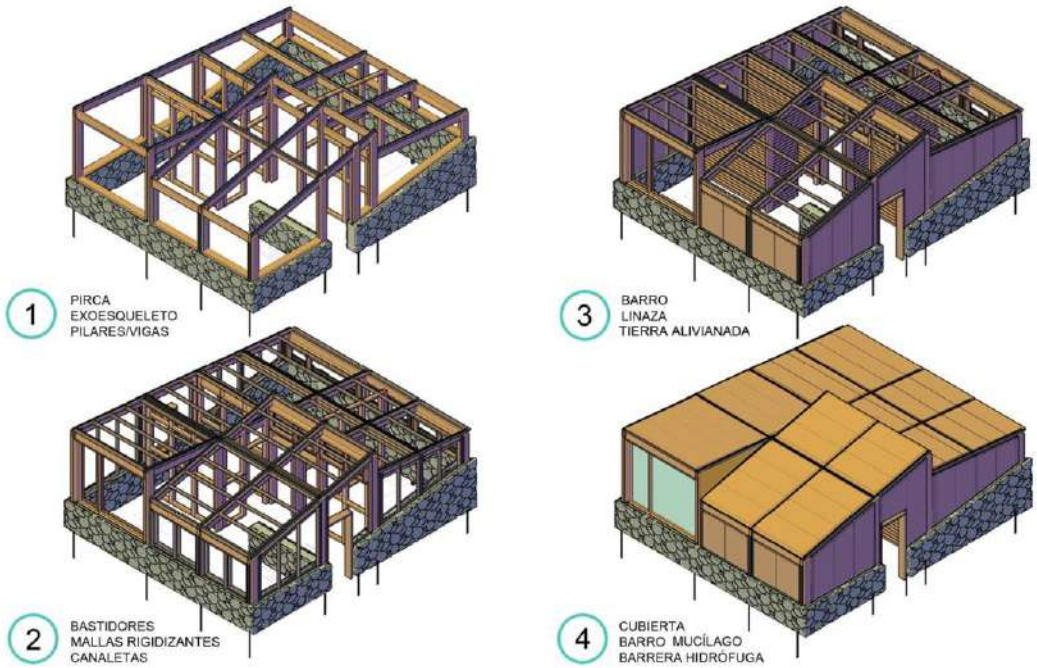


Figura 3. Cuadro resumen del sistema constructivo de los refugios.

Del sistema constructivo descrito anteriormente, nacen dos interrogantes importantes en cuanto a la vialidad del proyecto. Por un lado, se busca generar una mezcla de barro tal, que tenga las propiedades aglutinantes e hidrófugas necesarias para una envolvente continua,

que sea lo menos propensa a las grietas para evitar filtraciones. Y por otro, como una investigación fundamental, las condiciones incidentes en la fabricación de los bastidores del techo y el montaje de estos en la obra, procurando el correcto sellado, solidaridad e impermeabilidad de la cubierta.

3. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Como un acercamiento a la utilización de tierra cruda en la cubierta, se investigan, prueban y reproducen las soluciones constructivas tradicionales de la zona, según los componentes, proporciones y aditivos utilizados en la mezcla de barro para la construcción de la envolvente de quincha, además del funcionamiento del sistema prefabricado de bastidores mixtos, la factibilidad de su montaje y todas las técnicas necesarias para las terminaciones del revoque de tierra.

3.1 Componentes y naturaleza del barro

Un acercamiento fundamental al uso de tierra cruda en la construcción, es el conocer las propiedades óptimas para un barro sano; es decir, que tenga la plasticidad y ductibilidad suficiente para formar parte del esqueleto de madera y acero propuesto, sin peligro de desmoronamiento o erosión apresurada. Con este fin, se investigan las propiedades del suelo en el sitio de Chillepín, dando como resultado un suelo franco arenoso, óptimo para el cultivo por su alto material orgánico, pero poco beneficioso para su uso en la construcción, esta muestra se denominara de ahora en adelante, muestra A.

Se procede entonces a realizar pruebas en los suelos interiores del loteo general, cercano a los macizos y quebradas, encontrándose un suelo fuertemente arcilloso, de un color rojizo y estabilidad adecuada en las primeras pruebas, denominada de ahora en adelante, muestra B. Cómo se menciona en Hays et al (1986), se busca una tierra de suelo con baja granularidad y una arcilla poco plástica o activa, ya que debido a su absorción de agua, puede provocar fuertes agrietamientos durante el secado, por lo que ninguna de las dos muestras es beneficiosa por sí sola.

3.2 Proporciones y mezcla de sus componentes

Utilizando los sistemas de prueba mencionados en Hays et al (1986), se procede a cernir ambas muestras, realizando la prueba del secado y la de tenacidad. Se demuestra que sin importar el volumen, la muestra A es frágil en su cohesión y la muestra B se agrieta con facilidad una vez que se endurece.

Se decide que para lograr una muestra que sea factible utilizar para el proyecto, se debe generar una nueva mezcla, resultante de la combinación de las propiedades de las muestras A y B, utilizando el sistema de corrección granular. Este proceso busca que la nueva composición disminuya su absorción de agua, evitando los fuertes agrietamientos durante el secado y mejorando la cohesión de sus elementos, considerando que la muestra A tiene una capacidad mayor de retención de agua y materias orgánicas, y que la muestra B presenta una baja granularidad y plasticidad.

Se procede a realizar tres muestras de prueba, utilizando las muestras A y B en mezclas con distintas proporciones de cada una.

Para verificar sus propiedades y comportamiento, y lograr una mayor imparcialidad en cuanto a su comparación, se aplican sobre un bastidor de prueba con el sistema propuesto y una cantidad constante de fibras de paja cortada a lo largo y arena para aumentar la cohesión del barro.

A continuación se exponen las proporciones y resultados obtenidos en cada caso:

- Muestra 1: 40% A + 60% B

Esta mezcla produce un barro rojo con una alta capacidad de moldeamiento, como una masilla lubricada de fuerte cohesión entre sus componentes, sin embargo, presenta

evidentes agrietamientos producto de la pérdida de agua durante el secado, dejando las fibras a la vista.

- Muestra 2: 60% A + 40% B

Esta proporción genera un barro de color grisáceo, que si bien tiene cohesión aparente y no tiene grietas en su superficie, presenta poca adherencia con las fibras vegetales utilizadas, y es muy débil a las pruebas de esfuerzo básicas a la que es sometida. En mayor espesor, esta parece ser la muestra utilizada en los revoques típicos de la zona.

- Muestra 3: 50% A + 50% B

Esta muestra es la más estable, la cantidad y espesor de las grietas visibles es considerablemente menor que la muestra 1, dejando un color marrón parejo en la superficie aplicada. Su cohesión con las fibras es adecuada, y no es frágil al tacto, considerándose como la proporción adecuada entre ambas muestras, al equilibrar la resistencia y cohesión necesarias para su uso en los bastidores del techo. (Figura 4)

Figura 4. Cuadro comparativo de proporciones y resultados de las muestras.

3.3 Aditivos y tratamientos aglomerantes e impermeabilizantes

Según Minke (1994), ha sido usual en distintas partes del mundo, la utilización de productos animales, minerales y vegetales en la constitución del barro para la construcción; tales como la sangre, la orina de caballo, estiércol, leche, cal, bitumen, savias aceitosas y látex.

Haciendo una investigación con la gente de mayor experiencia en la zona, que ya no se dedican a este tipo de construcciones, se puede concluir que era usual utilizar aditivos vegetales en el agua de la mezcla, utilizando el mucílago resultante del corte de las paletas fibrosas del nopal (*opuntia spp.*), una especie común en la zona, que produce el fruto conocido como tuna. Este aditivo y aglomerante se producía de la siguiente manera: Se cortaban las paletas del nopal a lo largo, exponiendo su interior carnoso, rico en látex y mucílago, se dejaban reposar en un recipiente con agua por al menos 72 horas, luego se procedía a realizar la mezcla de barro reemplazando el agua por esta solución viscosa y se dejaba curar la mezcla por otras 72 horas, tiempo que se decía era necesario para que la mezcla se uniera completamente.

Ante esta solución, que promete entregarle a la muestra 3 la cohesión e impermeabilidad necesarias para su uso en la cubierta, se investigan las propiedades del mucílago del nopal a nivel vegetal, encontrándose que sus funciones más importantes son las de cicatrizante y protección ante bacterias en los usuales cortes naturales que presenta esta especie. Ambas propiedades serían un gran aporte a la composición del barro, por lo que se procede a su utilización, logrando resultados favorables, generando una capa de barro sana, de apariencia lisa, y una disminución notable de las grietas visibles (figura 5).

Figura 5. Muestra 3 con aditivo de mucílago de nopal, curado y terminación.

3.4 Sistemas constructivos prefabricados

Con los componentes y proporciones de la mezcla del barro a utilizar establecidos, se procede al estudio de factibilidad de los paneles prefabricados para el techo, que van encajados a presión y posteriormente fijados en los casetones formados por las vigas y los travesaños de la estructura de cubierta; buscando la manera más eficiente de producirlos en cuanto a su peso propio, estructura y la rigidez necesaria en sus caras superior e inferior**,** para evitar deformaciones por pandeo.

Se procede a probar las diferencias entre construir un bastidor compuesto de listones de pino seco tratado con linaza de 1” x 4” y uno de 1” x 2” clavados y encolados entre sí, y un bastidor simple, realizado con listones de las mismas características pero de 1” x 6”, con la hipótesis previa de que al ocupar listones secos de menor escuadrilla en la composición del bastidor, el porcentaje de humedad total del paquete sería menor que el de listones de escuadrilla mayor, influyendo en el peso final del paquete. Sin embargo, al proceder a las pruebas manuales, y a un pesaje simple, se comprueba que la diferencia no es significativa entre ambos bastidores, por lo que es en el relleno de tierra alivianada y en la proyección del barro, en donde deben concentrarse los esfuerzos por reducir el peso del paquete constructivo.

Se decide reemplazar el relleno de tierra alivianada por paja comprimida, de manera de aumentar el área de contacto con el barro proyectado, que en relación con la superposición de las mallas hexagonales y ACMA, evita el traspaso de mezcla hacia el interior del bastidor, disminuyendo considerablemente el peso y mejorando la cohesión de la capa de tierra cruda.

Otra medida importante para optimizar el sistema de bastidores, es que antes de proceder al montaje sobre la cubierta, se proyecta el barro de la cara interior del paquete como una

manera de rigidizar la paja hacia el interior y evitar la dificultad de proyectar el barrio hacia arriba, dejando la partida de sellado y afinado como la única restante hacia el interior y facilitando la fijación del bastidor desde arriba.

3.5 Montaje y terminaciones de la Quincha

Una vez realizados los 32 bastidores que componen la cubierta según las condiciones establecidas para mejorar su eficiencia, se procede al proceso de colgado, montando cada bastidor en los vanos de la estructura de cubierta, comenzando por el extremo sur o fachada principal, hasta llegar a la fachada norte, cuya terraza posterior está a 140 cm de diferencia con el nivel del piso de acceso. Al finalizar este montaje, se procede a proyectar el barro sobre la cara exterior del bastidor, con un espesor no menor a 5 cm.

Con la envolvente completa del refugio con una capa de barro proyectado de 5cm, tanto al interior como al exterior, se procede a la preparación del revoque de terminación; una emulsión realizada en base a linaza, la mezcla de tierra modificada con arena y el mucílago del nopal. Esta nueva mezcla se deja curar por 72 horas, en un recipiente sin sol directo, evitando diferencias de humedad significativas en los estratos superiores e inferiores del revoque dentro del recipiente.

Con la ayuda de una espátula, se procede, con movimientos circulares, a parchar las grietas existentes en la envolvente con esta nueva mezcla, hasta completar una capa de afinado de aproximadamente 2 cm en todas las caras del volumen.

En el caso de la cubierta, se pone especial cuidado en rellenar todas las uniones del sistema, minimizando los puntos de filtración. Además, se realiza una capa protectora de dos manos de aceite de linaza doblemente cocido a toda la superficie de la cubierta, para evitar la penetración y erosión por el impacto de la lluvia o el viento, dejándolo secar una semana antes de realizar cualquier prueba de filtración de agua sobre el techo.

Al cumplirse el tiempo de secado de la cubierta, se procede a realizar una prueba de filtración de agua lluvias, inundando el sistema de canaletas y lanzando flujos constantes de agua a modo de lluvia por intervalos de cinco minutos continuos, cada seis horas, período durante el cual se revisaba si el agua traspasaba a la cara interior del refugio.

Se realiza esta prueba cada dos semanas, por un plazo de dos meses, como una manera de constatar que el agua no se había filtrado dentro de los bastidores al no tener expresión en la capa interior del revoque de barro, confirmando la impermeabilidad del paquete.

Una vez concluido el tiempo de prueba, se dan por aprobados tanto la mezcla y proporción del barro y sus componentes, como el sistema constructivo para el refugio, cuyo resultado final cumple todas las exigencias puestas desde la concepción del proyecto (figura 6).

4. REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES

Dentro de la investigación y definición del sistema constructivo, se pone especial énfasis en la construcción del sistema a través de reinterpretaciones de las técnicas vernaculares utilizadas en la autoconstrucción de viviendas en el valle del Choapa desde tiempos prehispánicos hasta la fecha.

Uno de los principales desafíos de la construcción de los refugios que son parte del proyecto CCH, era el diseño y ejecución de una envolvente completa de quincha mejorada, que mediante las modificaciones expuestas anteriormente, resolviera los distintos problemas asociados a las construcciones en tierra cruda, que según considera Chiappero (2003), son el agrietamiento, la poca cohesión de la capa de barro por su espesor inadecuado, y la vulnerabilidad a la humedad y el viento. (Chiappero, 2003).

Considerando la experiencia de la construcción del primer refugio, y la comprobación de los resultados de las distintas pruebas de estructura, mezcla y revoques hasta la fecha (Mayo 2012-Marzo 2013), se logra generar un sistema viable y consecuente para su reproducción en los refugios restantes, dejando abierta la posibilidad de ser aplicado en otro tipo de

proyectos**,** considerando la rapidez del sistema prefabricado de bastidores y la viabilidad económica de la utilización de tierra cruda como envolvente y terminación del proyecto.

Esto toma especial relevancia a la hora de concebir el desafío de diseñar una vivienda de interés social en tierra cruda, otorgando la posibilidad de obtener una mejor calidad espacial y desempeño térmico, con una inversión similar a la realizada en la construcción actual de proyectos de este tipo con sistemas constructivos tradicionales. Dejando abierta la posibilidad de experimentación en este campo en un futuro.

Figura 6. Fotografías del resultado final en fachada e interior del primer refugio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chiappero, Rubén (2003). Arquitectura en tierra cruda: breves consideraciones sobre la conservación y la restauración. Buenos Aires: Nobuko.

Hays, Alain et al (1986). Técnicas mixtas de construcción con tierra. Villefontaine: CRATERRE.

Minke, Gernot (1994). Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. Montevideo: Nordan Comunidad.

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Alemania: Forschungslabor für Experimentelles Bauen.

Currículo

Cristián Bravo-Araya: Arquitecto diplomado en Arquitectura Sustentable y certificado académico en estudios de la cultura latinoamericana de la PUC de Chile (2012), Fundador de CBAarq en 2011, centrándose en estudios del patrimonio, arquitectura, diseño y paisajismo en proyectos con sistemas de construcción vernaculares y bioclimáticos en Chile.

REFLEXÕES SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA ARQUITETURA DE TERRA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Thaís Márjore Pereira de Carvalho[1], Wilza Gomes Reis Lopes[2], Karenina Cardoso Matos[3]

Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, Brasil,
[1] thaismarjore.pc@gmail.com; [2] izalopes@uol.com.br; [3] kareninamatos@hotmail.com

Palavras-chave: Arquitetura de terra, parâmetros de construção, construção sustentável.

Resumo

A humanidade utilizou materiais disponíveis na natureza para construir cidades, em culturas e épocas diferentes. Porém, com as inovações tecnológicas, a maioria destas técnicas foi sendo depreciada. A terra, um dos mais tradicionais materiais de construção, foi gradualmente sendo substituída pelos materiais "convencionais" e hoje seu uso está, em muitos casos, associado à pobreza e à miséria. No Brasil, as técnicas de terra foram introduzidas pelos colonizadores portugueses e pelos africanos trazidos como escravos e obtiveram grande difusão em todo o país, com destaque para o adobe, a taipa de pilão e a taipa de mão ou pau-a-pique. Este artigo tem como objetivo apresentar reflexões sobre como a arquitetura de terra pode contribuir para a sustentabilidade na construção civil, por tratar-se de um material que exige menos energia, gera menos resíduos, tem baixas emissões e proporciona excelente durabilidade, versatilidade e acessibilidade, além de sua importância histórica e cultural. Para isso, foi realizada revisão de literatura sobre os parâmetros de construção com terra, conforto ambiental e construção sustentável. Entre os resultados, foi observado que a arquitetura da terra tem inúmeras vantagens, como o isolamento térmico, a possibilidade de renovação do ar, baixo custo, baixo impacto ambiental, facilidade de transferência de tecnologia e, especialmente, o fato de que a terra pode ser reutilizável. Assim, trata-se de uma solução construtiva excelente e eficaz, que agrega sustentabilidade e adaptação aos fatores bioclimáticos regionais.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, a eminente crise energética, a concentração populacional, o consumo exacerbado e o déficit habitacional são alguns dos enfrentamentos mundiais que estão, constantemente, em discussão na atualidade. À medida que um destes quadros se agrava, arrasta consigo outros, gerando um impasse e muitos questionamentos, cujas respostas são urgentes. Ainda não se dispõe de soluções exatas, porém, ações que promovam a sustentabilidade despontam como a direção mais viável.

O conceito de desenvolvimento sustentável passou a ser difundido a partir de 1987, após a divulgação do Relatório de Brundtland — este documento foi o resultado de discussões realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) e presididas pela médica e diplomata norueguesa Gro Harlem Brundtland, em 1983 — cuja ideia principal indicava que o desenvolvimento só é efetivo quando permite a sustentação das gerações presentes, sem comprometer a sobrevivência das gerações futuras (Lira Dantas et al, 2009). Entretanto, ainda caminha-se em sentido contrário ao proposto no relatório, visto que o atual modelo de desenvolvimento prioriza a dimensão econômica, baseando-se no lucro e promovendo a escassez dos recursos naturais e o aumento das desigualdades sociais.

O desenvolvimento sustentável consiste no equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental. Para se alcançar esse nível de desenvolvimento, é fundamental a contribuição de várias áreas do conhecimento. A construção civil é um campo de atuação com forte papel nesse caminho. Como afirma Mateus (2004, p. 10):

> *A interligação da indústria da construção com as três dimensões da sustentabilidade é particularmente importante, pois para além desta indústria apresentar uma considerável participação no PIB – dimensão económica – e de ser responsável por uma expressiva parcela na geração de postos de trabalho – dimensão social –, utiliza recursos naturais e a*

sua actividade está intimamente relacionada com o meio ambiente – dimensão ambiental –, na medida em que modifica o ambiente natural através das suas intervenções – redes viárias, barragens, edifícios, etc.

Dessa forma, observa-se que todo o setor da construção civil, em especial a construção de edifícios, tem participação bastante significativa na degradação ambiental. Conforme Gauzin-Muller (2002), a construção e o uso dos edifícios implicam no consumo de 50% dos recursos naturais, 40% da energia e 16% da água, o que representa um consumo energético responsável por mais de 25% das emissões totais dos gases que promovem o efeito estufa, especialmente o gás carbônico (CO_2).

Com isso, fica evidente a necessidade de implantar sistemas construtivos que se enquadrem nos parâmetros da sustentabilidade, ou seja, sem o consumo de grandes somas energéticas, que façam o uso racional dos recursos naturais, e que estes sejam renováveis, não poluentes, duráveis e passíveis de reaproveitamento; possuindo baixa energia primária; e, acima de tudo, presentes no próprio local e, portanto, adaptados a ele.

A arquitetura de terra, então, surge de maneira mais que oportuna, uma vez que *as construções com terra reduzem a demanda de cimento que hoje promove 8% do aquecimento do planeta, assim como minimiza o transporte, 80% do aquecimento da atmosfera se origina do petróleo* (Silva; Carvalho, 2007, p.1), visto que a construção em terra utiliza-se de matéria prima local.

Sabe-se que a terra vem sendo usada para a construção há milênios e tem demonstrado seu potencial e sua durabilidade, por meio de exemplos construídos com técnicas variadas, nos mais diferentes recantos do planeta, desde tempos remotos, persistindo até nossos dias, desafiando as intempéries e o próprio tempo. Como exemplo, podem ser mencionadas as construções encontrados em Jericó, China, Mesopotâmia, Irã, Iraque e em vários países do continente africano, cuja existência remete a cerca de 8000 anos a.C.

Graças a sua versatilidade e durabilidade, sua aplicação não se limita à construção de moradias, templos e palácios, mas inclusive trechos das muralhas da China, executados com terra apiloada entre alvenarias duplas de pedra (Canteiro; Pisani, 2006). Correia (2006, p. 12), por sua vez, enumera as diversas possibilidades de utilização da terra, a qual *[...] pode ser escavada, empilhada, modelada, prensada, apiloada, recortada, extrudida, pode servir de enchimento, de cobertura, de recobrimento, entre outros*.

Ramos et al (2002) também citam que nas Américas, a construção em terra também já era difundida desde a antiguidade, principalmente no México e no Peru, como as ruínas de Chan Chan. Tal uso se deu, principalmente, devido ao clima quente e seco, mais propício a este tipo de construção. As civilizações inca e asteca já faziam uso da terra como material de construção mesmo antes da chegada dos colonizadores.

A ampla difusão desta arquitetura no mundo é tal que estudos estimam que um terço da população mundial viva em edifícios construídos com terra e que, nos países em desenvolvimento, pode ultrapassar a metade da população (Minke, 2001). Dentre alguns exemplos destas construções, segundo Correia (2006), podem ser destacados os *pueblos* de Taos e de Acoma *City*, no Novo México, EUA, executados em adobe; as cidades de Shibâm e Sanaa, no Iêmen, edificadas em terra empilhada e em adobe, que dispõem de 3 a 8 pisos, alcançando até 30 metros de altura (Figura1); e a cidade de Djénne, no Mali, que conta com cerca de 13 mil habitantes e foi toda executada em adobe, muitas vezes associado a troncos de madeira (Figura 2).

Figura 1: Edifícios construídos com terra em Sanaa, Iêmen.

Figura 2: Mesquita de Djénne, no Mali, construída com terra.

Merece destaque, ainda, a importância da arquitetura de terra em países subdesenvolvidos, em que as técnicas de construção com terra têm possibilitado suprir suas necessidades construtivas. Para Castanheira e Bragança (2012, p.103), institutos como o CRAterre (Centro Internacional de Construção em Terra), em países do continente africano, *têm trabalhado no sentido do reconhecimento dos materiais da Terra como uma resposta válida para os desafios ligados à proteção do ambiente, a preservação da diversidade cultural e da luta contra a pobreza*.

Segundo Lopes, Matos e Carvalho (2012, p. 4), *a arquitetura de terra refere-se ao conhecimento que está inserido na cultura popular, fazendo parte de nossa história, devendo seu valor ser reconhecido, preservado e repassado para o conhecimento das futuras gerações*.

No Brasil, a arquitetura de terra foi trazida pelos colonizadores portugueses, estando comprovado que os indígenas não as utilizavam. Além disso, os africanos, que foram trazidos ao país como escravos, também tinham conhecimento do uso da terra para construção (Milanez, 1958). Dentre as técnicas mais utilizadas para construção, envolvendo a terra, estavam a taipa de pilão, o adobe e a taipa de mão ou pau-a-pique.

Inúmeras construções históricas centenárias, executadas com terra, podem ser encontradas, ainda hoje, em perfeito estado de conservação, como também, edificações contemporâneas, localizadas em diversos locais do Brasil, em que foram utilizados os procedimentos construtivos adequados, comprovando o potencial e a durabilidade deste tipo de construção (Lopes, 1998). Para exemplificar, pode ser citada a residência executada em adobe e taipa de mão, na cidade de São João del Rey, Minas Gerais, projeto do arquiteto Marcos Borges dos Santos (Figura 3) e a construção em taipa de mão na cidade Itaipu, Rio de Janeiro, projetada pelo arquiteto Cydno da Silveira (Figura 4).

Além disso, Calla Garcia (2002) afirmou que a precariedade das construções com terra resulta da falta de conhecimento científico no uso deste material, e ainda que, o errado conceito de modernidade faz com que se considere a terra como símbolo de antigo e pobre, associando suas construções à pobreza e ao precário, enquanto que os materiais como cimento e polímeros são associados à modernidade.

Porém, com o surgimento e a adoção dos materiais construtivos convencionais, ocorreu o abandono dessas boas práticas ancestrais, cuja adaptação regional rendia relevantes desempenhos energéticos e identidades próprias. Para Braga e Rocheta (2007, p. 2), é necessário compreender

> *[...] as razões dos nossos antepassados construírem os seus abrigos de uma determinada forma. Temos de apreender a verdadeira simbiose entre o homem e o clima, complementando obviamente, esse saber empírico, com os conhecimentos científicos e tecnológicos actualmente disponíveis.*

Sendo assim, o presente trabalho tem como finalidade discutir aspectos da arquitetura de terra, em especial seus parâmetros construtivos e identificar quais os seus aspectos positivos e negativos, além das limitações às quais está submetida. Com isso, pretende-se divulgar as características e potencial deste material, para que possa ser utilizado na construção civil, aliando sustentabilidade e bioarquitetura.

Figura 3: Casa de adobe em São João del Rey, Minas Gerais

Figura 4: Casa de taipa de mão, em Itaipu, Rio de Janeiro.

2. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Na década de 1960, iniciou-se uma onda de conscientização mundial a respeito das questões ambientais, promovendo a realização de eventos, convenções e acordos internacionais. Em 1968, como mostra Lira Dantas et al (2009), foi fundado o Clube de Roma, cujo objetivo era limitar o crescimento econômico em longo prazo, em função dos impactos ambientais decorrentes dele. A seguir veio a Conferência de Estocolmo, realizada pelas Nações Unidas, em 1972, que garantia a todas as nações a liberdade de desenvolvimento através da exploração consciente de seus recursos naturais. Dela resultou o Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA), um órgão que se dedica apenas aos aspectos ambientais (Lira Dantas et al, 2009).

Em 1992, foi realizada a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada na cidade do Rio de Janeiro, mais conhecida como ECO-92. Seu objetivo era rever os pontos debatidos em Estocolmo, analisando a então atual situação da proteção ambiental no mundo e as mudanças verificadas. Ironicamente, como afirma Lira Dantas et al (2009), observou-se que nos países em desenvolvimento, o quadro ambiental havia se agravado. Com isso, a ECO-92 culminou com a elaboração de documentos oficiais — sendo a Agenda 21 o mais importante — e resultou em algumas assembleias das Nações Unidas, como a Rio +5, a Rio +10 e a Rio +20, realizada em 2012, a fim de revisar a agenda.

Um dos pontos discutidos na Agenda 21 trata especificamente da construção civil e elenca alguns fatores que devem ser considerados para o cumprimento dos objetivos ambientais, como: metas para o desempenho ambiental das edificações; mudanças nas práticas de gestão do processo de projeto e construção; implantação de uma nova cultura dentro do setor da construção civil, valorizando os recursos naturais e as possibilidades de reciclagem e reuso dos materiais (Salgado et al, 2012, p. 82).

A partir de então surgiu o termo “Construção sustentável”, em que *[...] todos os princípios do desenvolvimento sustentável são aplicados a todo o ciclo de construção, da extração e beneficiamento de materiais, passando pelo planejamento, projeto e construção de edifícios e obras de infra-estrutura, até sua demolição e gestão dos rejeitos dela resultantes* (Ayres et al, 2006, p. 13-14).

A construção sustentável tem como objetivo, segundo Vilaça (2012, p. 10),

> *reduzir gastos, minimizar perdas, eliminar o retrabalho e racionalizar tempo de execução/montagem das construções, além de inovar em procedimentos e rotinas para*

escritórios de projetos e construtoras, na inovação tecnológica em produtos que busquem melhor desempenho ambiental em função de uma metodologia mais adequada à realidade brasileira.

Para Ayres et al (2006, p.14), a construção sustentável deve ser analisada como um *processo holístico que leva à recomposição e à manutenção da harmonia entre os ambientes naturais e construídos, assegurando a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajam a equidade econômica*. Com isso, a maneira de edificar passa a incorporar fatores antes considerados irrelevantes, como os aspectos sociais e os ambientais, conforme a figura 5 abaixo.

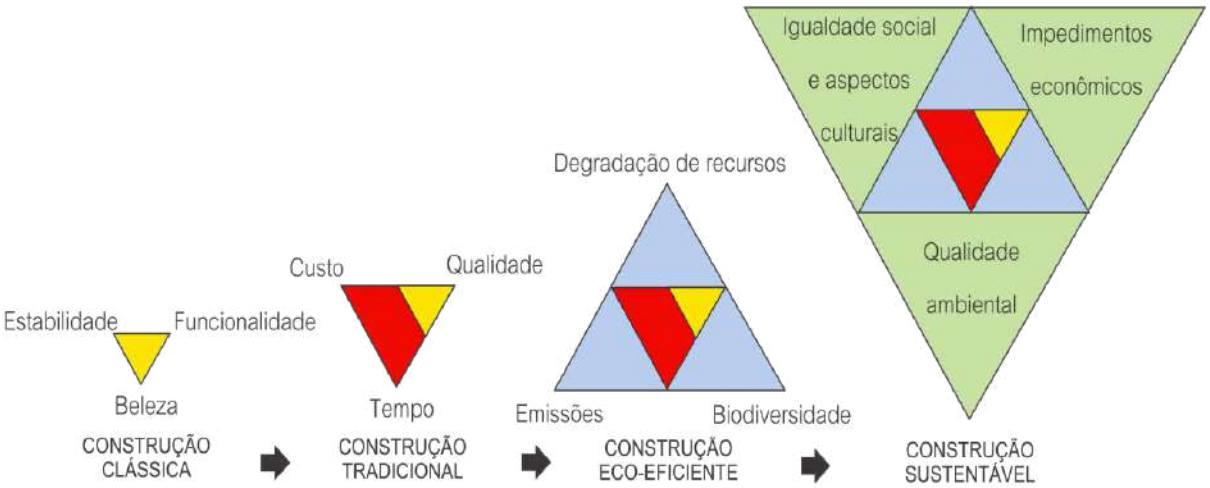


Figura 5: Inserção e desenvolvimento do conceito de sustentabilidade na construção.

Na busca por alcançar a sustentabilidade, é preciso compreender que a escolha do material é um ponto essencial. Mateus (2004) explica que existem estratégias para realizar essa seleção de maneira apropriada, através da análise dos seguintes critérios:

- **Energia incorporada ao material**: quantidade de energia necessária para a sua produção, transporte, aplicação na obra, manutenção e demolição. Aproximadamente 80% da energia total corresponde à Energia Primária Incorporada (PEC, em inglês) dos materiais. Prioriza-se o uso de materiais locais, com elevado potencial de reutilização e/ou durabilidade e de sistemas construtivos leves;

- **Impacto ecológico incorporado ao material**: reflete o impacto ambiental do material ou componente construtivo e decorre de toda a cadeia produtiva até o transporte para a obra. Utiliza-se como indicador o Potencial de Aquecimento Global (PAG), medido em gramas equivalentes de CO_2;
- **Potencial de reutilização e reciclagem dos materiais:** trata-se da capacidade do material vir a ser utilizado novamente como recurso, após completar o seu ciclo de vida;
- **Toxidade do material:** representa os efeitos nocivos que este pode infligir no ser humano e no ecossistema;
- **Custos econômicos:** contemplam o custo inicial, de manutenção e de demolição, associados ao ciclo de vida dos materiais.

O uso da terra atende a todos estes critérios, visto que a energia incorporada, o impacto ecológico e os custos tornam-se baixos pela utilização de material disponível no próprio local da obra, de baixa manutenção, com potencial de reutilização ilimitado (desde que a terra seja mantida natural) e com durabilidade comprovada. Além disso, por ser um material *in natura*, não representa qualquer índice de toxidade, a menos que sejam agregados elementos para sua estabilização, os quais podem liberar algumas substâncias voláteis.

Além do material a ser empregado, Francisco e Ino (2009) destacam a necessidade de aplicação de elementos arquitetônicos com a intenção de criar um ambiente construído com alto grau de conforto higrométrico e pequeno consumo energético. Macedo (2011) defende que é papel do arquiteto proporcionar uma consonância entre os conceitos adotados no projeto e os materiais que o compõem, inclusive, através da recuperação e do aperfeiçoamento de técnicas inspiradas em tecnologias ancestrais.

2.1. A construção sustentável na atualidade do Brasil

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), representante nacional e internacional das entidades empresariais da indústria da construção e do mercado imobiliário, lidera 62 entidades e está presente em todo o país. Segundo dados da própria Câmara (CBIC, 2012), atualmente, estima-se que a indústria da construção represente 8,1% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e seja responsável pela geração de mais de 11,3 milhões de postos de trabalho. Isso nos dá uma dimensão da importância do setor para a economia.

Em virtude disso, viu-se a necessidade de se implantarem ações que visem a promoção do desenvolvimento sustentável. Uma delas é o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), coordenado pelo Ministério das Cidades. Trata-se de um dispositivo que objetiva organizar o setor da construção civil, no atendimento de dois fatores principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva.

Outra ação importante foi o lançamento de políticas públicas, de extensão nacional, relacionadas à questão ambiental. Entre elas, está a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), aprovada em 2009, que objetiva reduzir as emissões de gases de efeito estufa; promover a adaptação à mudança do clima; incentivar a preservação, a conservação e a recuperação dos recursos ambientais, com particular atenção aos grandes biomas naturais; promover a consolidação e a expansão das áreas legalmente protegidas; e, incentivar os reflorestamentos e a recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas (BRASIL, 2009). Nesse contexto, a indústria da construção civil é tida como prioritária para reduzir a emissão de gases e adaptar ambientes construídos aos impactos climáticos (CBIC, 2012).

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em 2010, tem por finalidade a prevenção e a redução na geração de resíduos, difundindo hábitos de consumo sustentável; o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos; a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos; e, a instituição da responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos (BRASIL, 2010). Em meio a isso, o setor da construção brasileiro tem realizado estudos que visam o reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos, como a instalação de unidades de reciclagem de resíduos inertes, e o atendimento à logística reversa CBIC (2012).

Paralelamente, há o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentável (PPCS), sob coordenação do Ministério do Meio Ambiente, que promove mudanças nos padrões de produção e consumo, definidas em seis prioridades de atuação, dentre elas a construção sustentável. A meta estabelecida é que, até para 2020, conforme CBIC (2012, p.38), *as obras tenham desempenho ambiental 20% superior às atuais, a partir de índice definido por indicadores de consumo de água, energia, geração de resíduos e desempenho socioambiental dos produtos comprados*.

A construção civil no Brasil, no tocante à sustentabilidade, se encontra na fase de conscientização. Já são encontrados alguns edifícios sustentáveis certificados no país, mas a grande maioria deles se concentra na região Sudeste. Porém, espera-se que as obras da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e as Olimpíadas de 2016, atendam aos princípios da sustentabilidade e sirvam para difundir boas práticas em todo o país.

3. BENEFÍCIOS E CUIDADOS COM A ARQUITETURA DE TERRA

A importância da arquitetura construída com terra é percebida por diferentes aspectos, seja pelo ponto de vista histórico e antropológico, ou ainda, pela sua larga utilização como material básico em regiões onde há escassez de recursos naturais (Ramos et al., 2002). Há ainda a importância ambiental, pois Correia (2006) lembra o fato de se adaptar não só à cultura e aos conhecimentos empíricos adquiridos, mas também ao clima da região, através do uso de materiais locais, sem a utilização de materiais manufaturados, equipamentos mecânicos ou elétricos.

Torgal e Jalali (2009, p.1) acrescentam a baixa emissão de carbono, geração reduzida de poluição e níveis de umidade no interior dos ambientes considerados benéficos à saúde humana. Por sua vez, Barbosa (2003) aponta a possibilidade de se gerar, a partir do uso da terra, uma tecnologia mais limpa e apropriada para incrementar a produção habitacional dos países em desenvolvimento. Isso porque, tendo como exemplo o Brasil, a fabricação de tijolos cerâmicos tem impulsionado o desmatamento da vegetação nativa da região Nordeste, para utilização como combustível na queima, o que contribui largamente para os processos de desertificação já instalados ali.

Castanheira e Bragança (2012, p. 104) lembram que a terra é um material de disponibilidade abundante e que proporciona *[...] redução do uso de transportes (utilização de matéria prima local), maior potencial de reciclagem e redução de resíduos, boa resistência ao fogo, versátil e flexível (variações de tipologias de edificações), pode ser utilizada para criação de empregos locais*.

Contudo, é necessário atentar para a seleção do solo a ser utilizado. O principal cuidado, de acordo com Canteiro e Pisani (2006, p. 6), é que não haja areias, pedregulhos, húmus e outros materiais orgânicos, pois podem afetar a resistência final do material. A partir daí:

> *A massa é preparada por meio de esfarelamento do solo, pulverização de água, com cuidado para não formar "caroços" e seguido de um amassamento, que pode ser realizado com as mãos ou com os pés. A operação só termina após a obtenção de uma massa homogênea, plástica e não aderente às mãos*

Além das preocupações com o material, a arquitetura deve ser executada seguindo certas recomendações. Pinto (1993) e Souza (1996) afirmam que a maior ameaça à sustentação da terra são as infiltrações de água, tanto por capilaridade do solo, quanto por falta de proteção adequada com rebocos mal executados. Sendo assim, é importante proteger a edificação de terra do contato com a umidade do solo, elevando-a do chão ou utilizando um alicerce, de pedras ou tijolos, devidamente impermeabilizados.

Para proteção contra os danos causados pela incidência da água das peças verticais de madeira, pilares e forquilhas que ficam em contato com o solo são usados geralmente materiais impermeabilizantes, como pintura asfáltica, betume, resina de fibra de vidro e base de concreto, de acordo com a disponibilidade local (Lopes, 1998).

Dentre os principais problemas detectados em construções de terra, analisadas por Canteiro e Pisani (2006), estão: seleção pouco criteriosa do barro, com a incidência de grande quantidade de material orgânico; madeiramento das coberturas muito irregular, com o uso de madeiras roliças; e, emprego de lonas, plásticos e outros materiais impermeáveis nos telhados, causando vários vazamentos e comprometendo totalmente o isolamento termo-acústico.

4. CONFORTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÕES COM TERRA

Primeiramente, Lopes e Ino (1999) lembram que, independente do tipo de material empregado, é sempre necessário que o conjunto estrutural seja sólido e estável, para evitar desaprumos, desnivelamentos e trincas nas paredes. Na prática, alguns princípios elementares em construção, como marcação e nivelamento da obra, com o uso de equipamentos simples, tipo esquadro, prumo e nível, são desprezados pelos construtores de

edificações de terra por considerarem dispensáveis neste tipo de obra, prejudicando a aparência e a rigidez da construção, tornando a estrutura desequilibrada e as paredes desalinhadas.

Se todas as medidas preventivas cabíveis e os parâmetros construtivos adequados forem realizados em conformidade com as determinações técnicas, a terra apresentará seu aproveitamento máximo. A partir daí, é possível avaliar quais as contribuições que este material traz para um melhor desempenho energético nas construções e em quais situações seu uso seria o mais pertinente. Atualmente, muitos profissionais têm adotado a arquitetura de terra em seus projetos, assimilando eficiência, adaptação climática, economia e aproveitamento de mão-de-obra local. É o caso da residência localizada na cidade de Monteiro Lobato, São Paulo, projeto do arquiteto Ricardo Junqueira Piva, executada em taipa-de-mão, com estrutura em eucalipto roliço tratado e cobertura de telha cerâmica. A construção tem 200 m², planta livre e foi produzida de forma artesanal (Figura 6).

Figura 6: Residência contemporânea em taipa-de-mão.

No que diz respeito à eficiência energética, sabe-se que a condutibilidade térmica das paredes de terra corresponde à metade da condutibilidade das paredes feitas de tijolo cozido, mantendo o ambiente interno das construções em terra em temperatura constante (Bueno, 1995, apud Silva, 2000). Isso porque as paredes de barro compõem um bom isolante térmico *que aprisiona o ar nas pequenas cavidades do material sólido, [...] impedindo a convecção, ou seja, as trocas que podem ocorrer, o que dificulta a passagem de calor* (Milech et al, 2011, p. 1). O efeito disso, segundo Correia (2006), é que há conservação de calor no interior das edificações durante o inverno e, no verão, mantém-se o ar fresco.

Em suas pesquisas, Silva (2000, p. 60) constata que *para se obter o mesmo índice de isolamento térmico em paredes construídas com esses materiais é necessária uma espessura de, por exemplo, 9,5 cm para uma parede de tijolo de barro cru e 19,8 cm para uma parede de tijolo cozido*. Isto significa que, para um mesmo desempenho térmico, as paredes de terra resultariam em fechamentos mais esbeltos e leves. Além disso, com a adição de fibras vegetais à argamassa de barro (para confecção das paredes) a capacidade de isolamento térmico aumentaria ainda mais.

Outro aspecto relevante para Correia (2006) relaciona-se com o conforto acústico. Como o piso e as paredes de terra são porosos eles absorvem o som com maior facilidade, ao contrário de pisos e paredes lisos, nos quais há reflexão do som. Porém, há que se destacar, ainda, que a mesma porosidade é fundamental para outro fator positivo: as trocas gasosas. A renovação do ar nas casas de terra cujas paredes não receberam nenhum tratamento selante, como revestimentos cerâmicos ou pintura, é uma consequência da sua capacidade de “respirar”, ou seja, permitir a passagem do ar (Silva, 2000).

Dessa forma, percebe-se que a arquitetura de terra apresenta vantagens significativas em relação aos métodos construtivos tradicionais, especialmente no que diz respeito à melhoria do conforto ambiental em regiões tropicais úmidas e semiáridas. Tais áreas compõem grande parte do Nordeste brasileiro, nas quais estas técnicas são usualmente utilizadas, pela população de baixa renda, mesmo sem seguir devidamente os procedimentos técnicos adequados.

5. CONCLUSÕES

As mudanças climáticas e os desastres naturais que assolam o planeta, em grande parte, advêm das ações humanas sobre a meio natural. O ambiente construído pelo homem vem se impondo sobre a natureza, em vez de buscar uma coexistência harmônica. À medida que os problemas se agravam eles arrastam consigo outros, gerando mais questionamentos, cujas respostas são urgentes. Ainda não se dispõe de soluções exatas, mas já se tem consciência de que o desenvolvimento sustentável é a única direção viável.

A construção civil é, hoje, o setor responsável pela maior parte da exploração dos recursos naturais e, portanto, o maior contribuinte da degradação ambiental. É necessário o surgimento de alternativas como a construção sustentável, que tem como princípios básicos, o desenvolvimento de matérias-primas e energias renováveis, redução da quantidade de materiais, água e energia utilizados, reaproveitamento das águas, entre outros.

Desta forma, destaca-se o potencial da arquitetura de terra, considerando que apresenta vantagens significativas em relação aos métodos construtivos tradicionais, como a baixa condutibilidade térmica das paredes de barro; a absorção dos ruídos, por se tratar de um material poroso; a possibilidade de ocorrer passagem do ar entre os fechamentos e, consequentemente, a renovação do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M. V. A. et al. (2006). *Sustentabilidade em habitações de interesse social.* São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo.

BARBOSA, N.P. (2003). Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes. In: *Coletânea Habitare - Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional*. Porto Alegre: ANTAC. vol. 2, p. 12-39.

BRAGA, A. M. G. S.; ROCHETA, V. L. S. (2007). A Construção em Terra e a Sustentabilidade. In: 5º Seminário de Arquitectura em Terra em Portugal. Aveiro. p. 1-8.

BRASIL (2010). Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL (2009). Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.

CALLA GARCIA, A. (2002). La Construcción com Tierra en la Cultura Andina. In: *Seminário Iberoamericano de Construção com Terra*. Salvador: Projeto PROTERRA, p. 27-36.

CANTEIRO, F.; PISANI, M. A. (2006). Taipa de mão: história e contemporaneidade. In: *æ ensaios*. v. 1, n. 2. p. 2-21.

CASTANHEIRA, G.; BRAGANÇA, L. (2012). Benefícios Energéticos da Construção em Terra para Habitações Populares de Portugal. In: *Seminário Reabilitação Energética de Edifícios.* Guimarães: Universidade do Minho. p. 103-108.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (2012). Construção Verde: Desenvolvimento com Sustentabilidade. In: *Cadernos setoriais Rio+20*. Brasília: CNI. p. 1-69.

CORREIA, M. (2006). Universalidade e Diversidade da Arquitectura de Terra. In: *Terra : forma de construir: arquitectura : antropologia : arqueologia / 10ª Mesa-Redonda de Primavera.* Lisboa: Argumentum; Vila Nova de Cerveira - Escola Superior Gallaecia.

FRANCISCO, M; INO, A. (2009). Análise da incorporação de estratégias bioclimáticas buscando a eficiência de habitação no meio rural. Caso: Assentamento rural Sepé Tiarajú (Serra Azul-SP). In: *Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis.* Recife: ANTAC.

GAUZIN-MULLER, D. (2002). *Arquitetura Ecológica.* Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

LIRA DANTAS, R. M. de et al. (2009). Movimentos que impulsionaram a avaliação de impactos ambientais no Brasil. In: *Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão.* Recife: [s.n.].

LOPES, W. G. R; MATOS, K. C.; CARVALHO, T. M. P. (2012). A importância da taipa de mão na história e na cultura do Brasil. In: *IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil.* Fortaleza: UFC.

LOPES, W. G. R.; INO, A. (1999). Taipa de mão: procedimentos construtivos. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Pelotas: SBEA.

LOPES, W. G. R. (1998). *Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções.* Dissertação de Mestrado. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MACEDO, F.H.T.M.B. (2011). *A expressividade dos eco materiais.* Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa (UTL).

MATEUS, R. F. M. S. (2004). *Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção.* Dissertação de Mestrado. Minho: Escola de Engenharia - Universidade do Minho, Minho.

MILANEZ, A. (1958). *Casa de Terra: As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde.

MILECH, F. B. et al. (2011). Avaliação térmica de uma estufa para secagem de tabaco. In: *Congresso de Iniciação Científica*. Pelotas: UFPEL.

MINKE, G. (2001). *Manual de Construccion em Tierra: La tierra como material de construccion y su aplicacion em la arquitectura actual.* Montevideo: Editorial Norda-Comunidad.

PINTO, F. (1993). Arquitectura de Terra - Que futuro? In: *7a Conferência Inter-Nacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura de Terra.* Lisboa: DGEMN, p. 612-617.

RAMOS, L. M. et al. (2002). *Arquitectura y Construcción com Tierra. Tradición e Innovación*. Boceguillas: Mairea.

SALGADO, M.. (2012). Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. In: *Ambiente Construído*. Porto Alegre: ANTAC. v. 12, n. 4, p. 81-99.

SILVA, C. G. T. (2000). *Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua.* Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz.

SILVA, D. N. A. C.; CARVALHO, R. (2007). Construções Ecológicas e Sustentáveis: Análise Comparativa de Custos entre Painéis em Bambu e Barro com Alvenaria de Bloco. In: *TecBahia: Revista Baiana de Tecnologia.* Salvador, vol. 22, n. 1-3.

SOUZA, R. C. J. (1996). Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. In: *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo.* Belo Horizonte, p. 103 -120.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. (2009). Construção em Terra: algumas considerações sobre a selecção de solos. In: *Actas da 5ª Conferência de Engenharia'2009: Inovação e Desenvolvimento*. Covilhã: Universidade da Beira Interior - UBI.

VILAÇA, A. C. (2012). A atual tendência da construção no Brasil e seus reflexos para a arquitetura e construção com terra. In: *IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*. Fortaleza: UFC.

Currículos

Thaís Márjore Pereira de Carvalho é arquiteta e urbanista (UFPI, 2011). Bolsista UFPI/CNPq do Programa de Iniciação Científica (2008/2009). Pesquisadora nas áreas de concentração Tecnologia dos Materiais e Sustentabilidade, abordando temas como Arquitetura de Terra e Habitação de Interesse Social. Bolsista CNPq em Projeto de Extensão, na modalidade ATP- A.

Wilza Gomes Reis Lopes: Arquiteta, Especialista em Urbanismo, Mestre em Arquitetura, Doutora em Engenharia Agrícola. Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo e do Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Membro das Redes Proterra e TerraBrasil, pesquisa sobre Arquitetura de Terra e Paisagem Urbana.

Karenina Cardoso Matos: Arquiteta e Urbanista, Especialista em Meio Ambiente, Mestre em Arquitetura, Doutoranda em Urbanismo pela Universitat Politecnica da Catalunya-UPC, Barcelona, Espanha. Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Coordenadora do Laboratório Urbano da Paisagem – LUPA, da UFPI.

LA QUINCHA INTERNA: REINTERPRETACIÓN DE UN MODELO DE CONSTRUCCIÓN DE LA ZONA CENTRAL

Virginia Cisternas, Álvaro Riquelme

Xiloscopio Restauración Arquitectónica y Mobiliaria, Valparaíso Chile.
arqlme@gmail.com

Palabras claves: Arquitectura en tierra, Tradición constructiva, fibras locales, resistencia sísmica.

Resumen

El presente artículo dar a conocer el desarrollo de una parte de la construcción de una vivienda ubicada en la zona de Laguna Verde, Región de Valparaíso, Chile (1). El proyecto tiene como necesidad fundamental la materialización de una vivienda construida de forma sustentable con una mirada hacia la tradición constructiva local, teniendo en cuenta las condiciones sísmicas que presenta Chile y el particular Valparaíso (2).

El diseño de la vivienda plantea la reinterpretación de un sistema constructivo de esta zona, en donde se utilizan materiales tradicionales y locales (tierra-madera), pero aplicando tecnología contemporánea en su morfología y soluciones constructivas. Esta combinación se propone en función de la eficiencia arquitectónica, constructiva y estructural de la obra. **La quincha interna**, es un término que nace de la mezcla de la tradición constructiva con la eficiencia y diseño contemporáneo.

En Chile existe una variedad de modelos constructivo-estructurales que utilizan la tierra como componente del sistema, estos modelos se pueden clasificar básicamente en dos: En un primer grupo están los sistemas que utilizan a la tierra como estructura portante (Adobe y Tapia), y el segundo grupo están los sistemas mixtos, que utilizan la tierra como relleno de un sistema entramado de madera (Adobillo y quincha)

En Valparaíso existen algunos ejemplos de albañilería de **adobe** como representante del sistema portante que se concreta en un muro de gran espesor, los cuales se concretan en edificios de uso publico y algunas viviendas del siglo XIX (Iglesia de la matriz y San Francisco de Barón poseen muros de 1.20mt de ancho con una altura de 8mt) Mas en el Siglo XX (principalmente después del terremoto de 1906 que azotó la zona central de Chile) la mayoría de las edificaciones son sistemas mixtos en donde la tierra se encuentran como componente de relleno, es decir, pertenecientes al segundo grupo. En esta categoría los modelos constructivo-estructural que podemos encontrar son: **el adobillo,** que es un bloque de adobe de dimensiones menores que el adobe (45 cm x 10 cm x 10cm) que se encuentra confinado a una estructura de madera sería un sistema y **la quincha** que es, una estructura de madera, a la que se superpone una trama de listones (sistema de soporte de la tierra) en donde se realiza la aplicación de una capa superficial de mezcla de tierra y fibra, obteniendo un sistema liviano. El sistema de entramado de madera resulta ser un sistema que el paso del tiempo (y los terremotos) a demostrado ser eficiente frente a nuestra realidad, ya que han tenido un buen comportamiento estructural y además son una técnica usada masivamente desde el siglo XIX en Valparaíso.

Como segundo tema de desarrollo se analizó el uso de fibras naturales en las construcciones de tierra, en donde la cohesión que logran las masas de tierra dependen de ellas; mermando la retracción que se da por el secado o pérdida de humedad de la mezcla que hace que la masa de tierra se agriete y pierda cohesión entre si; de allí que existe la necesidad de complementar la mezcla con elementos continuos que auxilien a la masa al momento de retraerse y mantenerla estable. El proyecto se desarrolló con una fibra existente en el lugar que minimizó el impacto económico y medioambiental en su adquisición, además de presentar notables resultados en su comportamiento.

1. PRESENTACION

1.1 En búsqueda de la sustentabilidad

Los diversos sistemas constructivos que existen en la actualidad brindan una amplia gama de posibilidades para los distintos requerimientos que una edificación plantee. Los principales materiales utilizados hoy en día están sometidos a diversos procesos en su fabricación, requiriendo una gran cantidad de energía para realizarlos. Debido a la crisis energética global, cada vez más personas piensan en sistemas eficientes que soporten las solicitaciones necesarias y mitiguen su impacto ambiental.

Los materiales naturales fueron y serán la alternativa más eficiente en la ejecución de obras edilicias, puesto que no necesitan síntesis para poder ser utilizados, lo que les otorga una ventaja insuperable frente a los materiales que necesitan una gran cantidad de energía para ponerse al servicio de un determinado sistema constructivo. La tierra es posiblemente el material de construcción más abundante y económica de todos, el cual esta disponible en todo lugar y los procesos que permiten su utilización son básicos y simples. Junto a la madera y la piedra ha sido el material que se ha desarrollado con la humanidad desde sus principios.

El trabajo que se presenta corresponde a una construcción de una vivienda que pretende aunar los conceptos de sustentabilidad y rescate de técnicas constructivas tradicionales, con una mirada actual que colabore en ese sentido.

1.2 Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar una tecnologia conteporanea a traves de la identificacion de sistemas tradicionales, como alternativa de construcción en zonas sísmicas

Objetivos específicos:

- Desarrollar sistemas eficientes de sujecion de tierra con la estructura de madera.
- El uso de la hoja de pino como fibra natural para las construcciones con tierra.
- Lograr una valoración de los sistemas constructivos tradicionales de la zona.

2. LA FIBRA NATURAL

2.1 Conceptos generales

Por fibra se entiende, cada uno de los filamentos que existen en la composición de los tejidos orgánicos vegetales o animales.

Las fibras naturales son las que se obtienen de los animales o de las plantas, la mayoría de estas fibras se usan para la industria textil, pero también han sido aplicadas a la construcción en conjunto con otros materiales, lo que se denomina como materiales compuestos, que consiste en un material base (tierra, cemento u otro), al que se le adiciona fibra natural para mejorar sus propiedades mecánicas.

-Fibras de origen animal: son la lana, pelo y secreciones como la seda, estas fibras son proteínas resistentes a la mayoría de los ácidos orgánicos, tienen diversas características, por ejemplo el algodón absorbe fácilmente el agua, mientras que el lino tiene una alta resistencia mecánica, la seda tiene una alta capacidad de resistir a tracción y la lana presenta mayor elasticidad.

-Fibras de origen vegetal: son aquellas fibras naturales extraídas del reino vegetal en sus más variadas formas: semillas, tallos, hojas, frutos y raíces y procesadas de forma tal que se obtienen productos de aplicación textil, están las que se extraen de la vellosidad de algunas semillas, como el algodón; de los tallos, como el lino y el cáñamo; fibras de follajes, como el sisal; y fibras de cáscaras, como las de coco.

El soporte de la constitución química de todas las fibras vegetales es la celulosa, las fibras naturales se pueden clasificar en:

Fibras duras: son las fibras de hojas de Monocotiledóneas. Cada fibra es un cordón fibroso o un haz vascular con las fibras asociadas. Los cordones tienen generalmente un curso largo y recto con muy pocas y débiles anastomosis. Estas fibras tienen un alto contenido de lignina y son de textura rígida. Ej.: hojas de pino.

Fibras blandas: son las fibras floemáticas de tallos de Dicotiledóneas, que pueden estar más o menos lignificadas, pero son suaves, elásticas y flexibles. Los cordones de fibras del floema forman una red donde no se individualizan los distintos grupos. Ej.: lino y ramio.

2.2 Propiedades de la fibra como material para construcción

Las fibras naturales están disponibles razonablemente en grandes cantidades en muchos países en desarrollo y representan una fuente renovable continua (Aziz et al, 1981, p.123).

En la actividad forestal grandes volúmenes de follaje en la actualidad son considerados residuos de desechos, sin embargo, contienen una gama de sustancias significativamente complejas y ricas en componentes con actividad biológica, que podrían ser utilizados en diversos áreas. Estos residuos que se acumulan en el bosque después del aprovechamiento forestal ocasionan un importante impacto ambiental, al crear un medio favorable para la propagación de plagas y patologías dañinas tanto a la flora como a la fauna, además de ser un material combustible con riesgo en la aparición y propagación de incendios; sin embargo la utilización de estos residuos para la obtención de productos para la construcción, proporciona beneficios económicos, sociales y ambientales.

Las fibras naturales tienen un bajo costo y peso lo que les confiere una elevada resistencia específica. Son biodegradables y no presentan efectos abrasivos. Por esto las fibras presentan mejores prestaciones mecánicas porque la probabilidad de encontrar defectos disminuye y además se anclan en la matriz que rodea de manera uniforme. Por esto, desde el punto de vista de las propiedades mecánicas son aconsejables las fibras de diámetro lo menor posible.

El uso de las fibras en materiales de construcción se remonta desde el inicio de la construcción con tierra. Fibras naturales como pasto, fique, junco y pelo animal, entre otras han sido tradicionalmente agregadas al adobe para disminuir su tendencia a la fisuración y mejorar el desempeño del material a esfuerzos de tensión. La introducción de la fibra de forma específica y una resistencia a la tracción superior a la matriz en la que están embebidos, ha conferido cualidades adicionales que no alcanzarían, sin dicho refuerzo, la construcción con adobe y otros sistemas constructivos en tierra.

2.3 Fibra natural local

La zona de Laguna verde actualmente presenta bosques de pino insigne (*Pinus radiata*), especie de árbol tipo conífera que inhibe el crecimiento de otras especies vegetales porque acidifica el sustrato del suelo con sus residuos (las hojas), lo que dificulta la diversidad de vegetación, además de generar acumulación de estos residuos constante y aumentando los peligros de incendios forestales.

Considerando la necesidad de fibras naturales para la construcción de la vivienda y la actual escasez de la paja brava, se realizaron pruebas para ver el comportamiento de la hoja de pino insigne para la mezcla (figura 1).

Algunos casos encontrados del uso de fibra naturales, específicamente de la hoja pino se pueden apreciar en Guatemala para la conformación de los adobes; otro casos se ven en Costa Rica, en donde se construye una quincha o bahareque precolombino, que consiste en la utilización de un esqueleto de varillas recubierto con barro para la construcción de paredes, al barro se le incorpora hojas de pino seca los cuales eran mezclados. Ambos casos ya no se recomiendan por normas de cada país, ya que una mala ejecución en la estructura portante, sumado a la falta de acciones de mantención del sistema estructural, ha provocado innumerables colapsos.

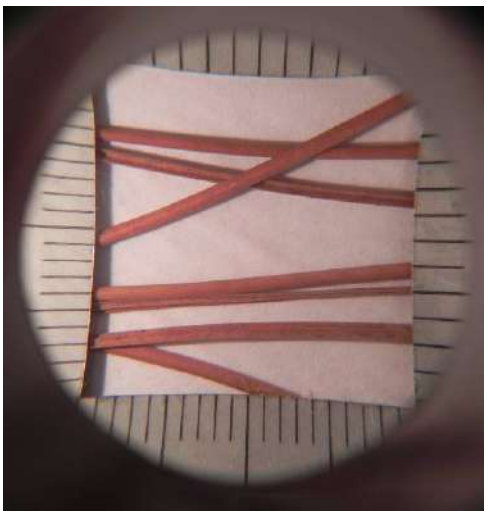


Figura 1. Vista de las fibras de la hoja de pino insigne, lente de 10x-30mm

3. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA, EN VALPARAÍSO

3.1 Desarrollo de sistemas en tierra

Los ejemplos mas antiguos de edificación en Valparaíso, se han construido en sistema portante de albañilerías de adobe, los que reforzado con piezas de maderas preferentemente de roble, en vanos, encuentros de muros y coronamientos, son vestigios de una arquitectura colonial que sobrevivió hasta finales del siglo XIX. Se pueden citar construcciones que datan del siglo XIX tales como la iglesia de La Matriz, Capilla Santa Ana, Iglesia San Francisco de Barón y un sin numero de viviendas anónimas en donde divisan los bloques de tierra con refuerzos de madera. La gran problemática de estos sistemas es la vulnerabilidad que presentan frente a eventos sísmicos, cuya vulnerabilidad está dada mayoritariamente por el deterioro de sus elementos de madera, que pueden sufrir el ataque de agentes biológicos, que fagocitan la celulosa y lignina de la madera, dañando la estructura y resistencia. Hay que tener en cuenta que las estructuras de adobe tienen un peso de 1300 kg/m^3 a 1800 kg/m^3 (Minke, 2001), que genera un sistema con una gran solicitación a los elementos que participan en tracción. Esto es lo que le otorga una dificultad a la hora de construir con bloque que oscilan de 25 kg a 32 kg cada uno.

Fundamentalmente el recambio de este sistema constructivo-estructural del adobe es detonado por el crecimiento demográfico de Valparaíso,

> *En donde existe una creciente carencia de espacio disponible en la zona plana de la ciudad, la ocupación de los cerros inmediatos a la zona portuaria y del Almendral es la única alternativa posible frente al crecimiento demográfico que ha ido generando el desarrollo portuario en aquellos años. Lo es también el hecho de que algunos sectores de la ciudad presenten condiciones ambientales cada vez más inadecuadas para la función residencial. Es ante esta circunstancia apremiante en que se hace necesaria la innovación de las soluciones técnicas que permitan superar la dificultad que plantea la ocupación serrana. De ese modo las tradicionales fábricas de gruesos muros de adobe y pesadas techumbres de tejas, con sus importantes obras de cimentación, resultan de por si bastante inapropiadas a ese objeto debiendo dar paso obligado a otro tipo de solución constructiva".* (Duarte; Zúñiga , 2007. sp.)

Es en este contexto que la madera con su versatilidad y eficiente comportamiento sísmicos se presenta como una solución idónea para estas nuevas construcciones emplazadas en una geografía con pronunciadas gradientes. Es aquí donde el sistema de entramado construido en madera alcanzará su máxima utilidad y aplicación. Queda largamente demostrado en la ocupación de lo que en propiedad podemos adjudicar como característico a principios del siglo XX. Es allí donde las soluciones constructivas adquieren mayor

atrevimiento e inventiva dada la dificultad mayor que presenta la topografía, dando origen a lo que podríamos considerar, por lo mismo, como aquellas expresiones más identitaria de la morfología urbana de Valparaíso.

Este fenómeno además es posibilitado por la creciente influencia extranjera, que trajo consigo modelos estructurales diferentes a los aplicados hasta ese entonces y tuvo un aceleramiento importante debido al gigantesco terremoto de Valparaíso en 1906, el cual que obligó a arquitectos e ingenieros a privilegiar otros sistemas constructivos, que fuesen más estables sísmicamente, como por ejemplo: en madera, el hierro forjado y el acero.

La liviandad de las construcciones y la velocidad en su ejecución, son ventajas significativas que el sistema de plataforma plantea, los que a su vez explican el auge y proliferación inmediata que éste alcanza, dado que representa una buena alternativa a las exigencias de colonización de los cerros. Por lo tanto la aplicación de este sistema constructivo en madera significó rápidamente una ocupación más efectiva e intensa de la parte superior de los cerros consolidando el emplazamiento de la ciudad tal como lo conocemos hoy (Duarte; Zúñiga, 2007)

Existe una gran variedad de construcciones de principios del siglo XX que intensificaron el uso de la madera. Tanto es así, que el soporte de la estructura es remplazada por elementos verticales de madera que amarrados por elementos horizontales conforman una tabiquería estructural, el cual genera un sistema estructural de plataforma. Lo que genera un cambio importantísimo y radical en la noción de la utilización de la tierra en la arquitectura de ese entonces, en ese sentido tenemos la proliferación de la albañilería simple de tierra cocida reforzada por perfiles metálicos, los sistemas articulados de metal y los sistemas de madera rellenos con bloques de tierra (adobillo).

La gran aceptación de este sistema esta demostrado en construcciones emblemáticas y representativas de la época, como son: el Palacio Baburizza emplazado en cerro Alegre, el Palacio Vergara emplazado en la quinta Vergara en el centro de Viña del Mar. Ambos edificios realizados por familias acaudaladas, que levantaron estas construcciones que terminaron siendo grandes palacios que engrosan la lista de Monumentos Nacionales de nuestro país. En ambos ejemplos se disimula el sustrato constructivo dejando un aspecto pétreo en la superficie, enlucido de yesos y cemento que de una u otra forma ocultan una estructura de madera y tierra, mientras los edificios emblemáticos de la época eran construidos por medio de albañilería de bloques de tierra cocida reforzado con perfiles metálicos. Este aspecto grafica que la aplicación de estos materiales no solo estaba supeditada a los cerros de la ciudad, sino que mostraba ser eficiente sísmicamente y una alternativa más económica, y a pesar de la opulencia de sus dueños, fueron construidos por un sistema que resulta ser mas común de lo que se puede apreciar a simple vista en la ciudad.

3.2. Descripción de los sistemas constructivos mixtos en Valparaíso

3.2.1 Adobillo

El sistema de adobillo se compone de un tabique estructural, compuesto de elementos verticales, llamados pies derechos, elementos horizontales (llamado solera superior e inferior) y elementos arriostrantes llamados diagonales. Estos unidos a través de ensambles de cajas y espigas conforman un esqueleto firme que junto a otros elementos forman una estructura resistente. Principalmente la madera utilizada es madera de Roble, la cual resulta ser una madera de gran capacidad resistente de densidad 0,67 g/cm^3 (3), la cual se ensambla con otros elementos por medio de una espiga en el pie derecho y una caja en la solera, lo que permite a los elementos mantenerse en su posición; a veces este sistema se auxilia por clavos. Las secciones más utilizadas de madera son cuartones de 4”x4” y 3”X4” lo que otorga una enorme resistencia a todo el sistema. La distancia entre pie derecho y pie derecho es de 40 cm a 50 cm, lo que determina la dimensión del bloque de tierra que se inserta entre estos.

Otro elemento vital para el correcto funcionamiento del sistema, y que además determina la morfología del adobillo es el listón interno de 1”x1” que se instala al interior del tabique, el cual resulta ser una lengüeta a lo alto de todo el tabique. Cada adobillo que queda contenido entre los elementos de madera, presenta en su diseño una ranura que lo confina al listón, trabándose la estructura con el relleno de forma eficiente. Esta trabazón en un elemento prefabricado y es parte de la génesis del adobillo y no es realizada en obra a excepción de los bloque que se emplazan en contacto con las diagonales, en donde se rebajan los bloque para lograr su calce en la estructura. La dimensión del adobillo más común encontrada en Valparaíso es de 45 cm x 10 cm x 10 cm. La madera utilizada en la realización de esta pieza es de roble y álamo primordialmente. La construcción de este sistema, requiere primero levantar la estructura de madera e inmediatamente instalar el adobillo para poder continuar con los pisos superiores.

3.2.2 Quincha

La quincha, se diferencia del adobillo, básicamente por la forma de inclusión de la tierra al sistema soportante de madera, mientras que el adobillo resulta ser un bloque de tierra prefabricado que se instala entre los elementos estructurales de madera, la quincha sitúa a la tierra como un elemento que se fabrica en obra, como un enlucido del sistema, es decir, se encuentra por sobre la estructura de madera. El soporte del enlucido de tierra está realizado por la aplicación de listones de 1x1” en forma horizontal y otras veces oblicua, principalmente de madera de álamo (0,38 g/cm^3) que debido a su buena estabilidad dimensional y su liviandad además de su abundancia en la zona central lo hace una madera óptima para este uso (también es ocupado en enlucidos de cielo por medio de tierra y yeso, por su liviandad) es posible encontrar algunos ejemplos de aplicación de pino oregón americano en tablillas de 11/2”x3/4” la cual reúne las características de liviandad y estabilidad dimensional al igual que el álamo.

El desarrollo de la quincha y el adobillo en Valparaíso, se genera de forma simultánea, dando forma a un sistema constructivo compuesto los que se complementan, siendo las plantas de la parte baja de la edificación los realizados con sistema de adobillo y los pisos superiores de quincha con el objetivo de alivianar la estructura mientras mas altos son los edificios. Esta estrategia resultó ser eficiente a lo largo del tiempo, conservándose variados ejemplos de su aplicación. Siendo esta una forma constructiva estable, antisísmica y económica.

4. LA QUINCHA INTERNA

4.1 Origen. La valoración del sistema mixto

En la actualidad existe en Chile una discusión acerca de la resistencia estructural de las construcciones en tierra, teniendo en cuenta la alta sismicidad de nuestro país, siendo las más vulnerables las construcciones que utilizan únicamente a la tierra como estructura. El principal problema de estas construcciones radica en la débil resistencia a las fuerzas de tracción de las mamposterías en tierra lo que determina su alta vulnerabilidad sísmica.

Los sistemas mixtos (tierra-madera) otorgan un mejor comportamiento sísmico, lo que se ve reflejado en el último terremoto en la región (2010). La estabilidad de estos sistemas esta dada por el sistema entramado en madera el que, con sus diferentes componentes, arma un esqueleto sólido, resistente y flexible, el que permite soportar su peso propio y las cargas estáticas y dinámicas que inciden en el.

En un análisis comparativo entre los sistemas de adobillo y quincha, podemos mencionar que la principal desventaja del primero es el sistema de trabazón con la madera, éste debía ser instalado inmediatamente después de realizado el tabique, ya que se instala desde arriba para el encaje de la lengüeta de madera en la ranura del bloque de tierra. Es este aspecto lo limita en cuanto a su eficiencia constructiva en relación con la quincha, que independientemente del armado de la estructura, el “estuco de tierra” no causa interferencias con otras partidas de la construcción. El adobillo por su parte tiene un mejor

comportamiento que la quincha como aislante térmico y acústico, puesto que es un bloque macizo de tierra de 10 a 15 centímetros que se encuentra en el alma del tabique el que genera un mayor confort, dado por el espesor relleno de tierra.

La quincha interna, busca reunir los aspectos mas eficientes de ambas técnica, aprovechando la mayor aislación térmica del adobillo, con la eficacia constructiva de la quincha, siendo este un componente que rellena todo el ancho del tabique, fabricado en obra, trabando elementos horizontales de madera entre los pies derechos. Este aspecto posibilita cerrar la vivienda por fuera, para seguir trabajando desde dentro, siendo la partida de relleno de los muros independiente a la estructura y cerramiento con el exterior.

4.2 De la construcción

4.2.1 Madera: estructura portante

La estructura de madera está compuesta de soleras de 2”x6” y pies derechos de 2”x4” de pino insigne, en donde las diagonales adicionadas al sistema son exteriores a los pies derechos con tablas de 1”x5” logrando el muro un ancho final de 15 cm. Una vez realizado el esqueleto de la edificación se procedió a instalar los componentes de revestimiento hacia el exterior, a base placa OSB 11 mm y sobre ella láminas de chapa metálica micro ondulada (calamina) y entablado de madera tinglada de 1”x5”. Toda la estructura de madera se trato con un imprégnate asfáltico para evitar pudriciones y otros ataques biológicos a la madera que en un futuro pueda provocar su colapso. Como ultimo proceso se procedió a rellenar los espacios que de la estructura de madera con madera de diversos tamaños, realizando de esta manera un dentado en los muros que permitiese a la tierra adherirse. Este dentado resulta ser clave dentro del sistema, puesto que es este elemento el que permite conectar la tierra con la madera, aspecto extraído del adobillo.

4.2.2 Tierra: material de relleno

Las tramas resultantes de la estructura donde se debía instalar la mezcla de tierra y fibra de pino resultaron representar bloques de 50 cm x 60 cm x 15 cm de espesor, con una trama de listones fijado a los componentes de madera.

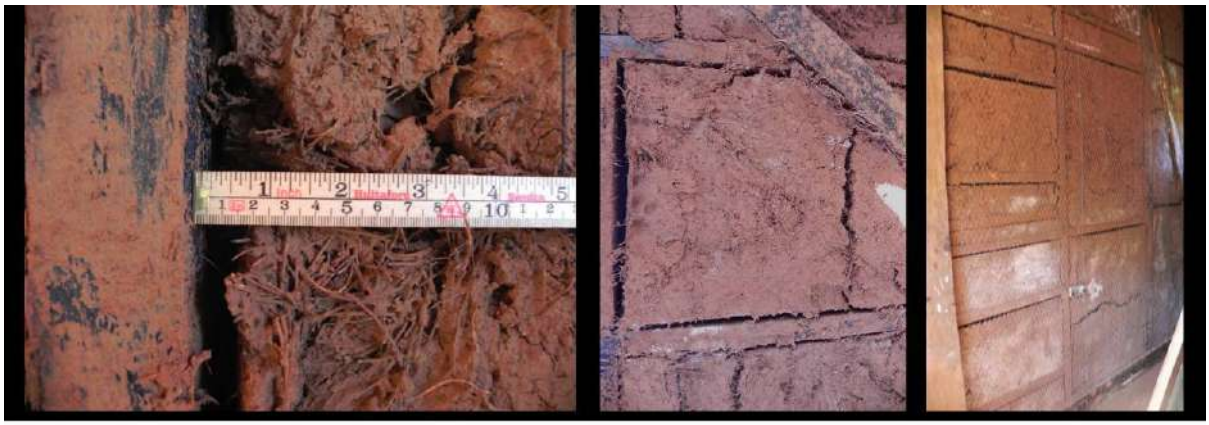


Figura 2. Imágenes de la retracción del material con la mezcla de 80% tierra y 20% hoja de pino. Fotografías de autores.

Se realizaron diversas pruebas en terreno para determinar la mezcla idónea. En principio se hizo una mezcla más pesada la cual contenía un 80% de tierra arcillosa (70% de arcilla y 30% arena) y 20% de fibra de pino insigne, en donde los paños rellenados obtuvieron como resultado una retracción del 6% como promedio, con esta mezcla se realizó toda la zona baja de la vivienda, teniendo que posteriormente colocar una inyección de barro en la zona retraída. La primera experiencia determinó el aumento de la cantidad de fibra añadida, paulatinamente el relleno de tierra fue alivianándose desde el inicial 80% de tierra arcillosa y 20% de fibra de pino, hasta invertir la proporción a 20% de tierra arcillosa a 80% de fibra de pino, logrando un comportamiento estable que no presentó retracciones de secado, obteniendo una dureza y cohesión óptimos a la estructura que se confino. Este proceso fue

alivianando paulatinamente el relleno, obteniendo como resultado una degradación del peso de la mezcla de tierra y fibra natural, lo que finalmente se bautizó como alivianado de pino.

Figura 3. Imágenes de mezcla con 80% de hoja de pino y 20% de tierra. Fotografías de autores

4.3 Del diseño en pos un sistema

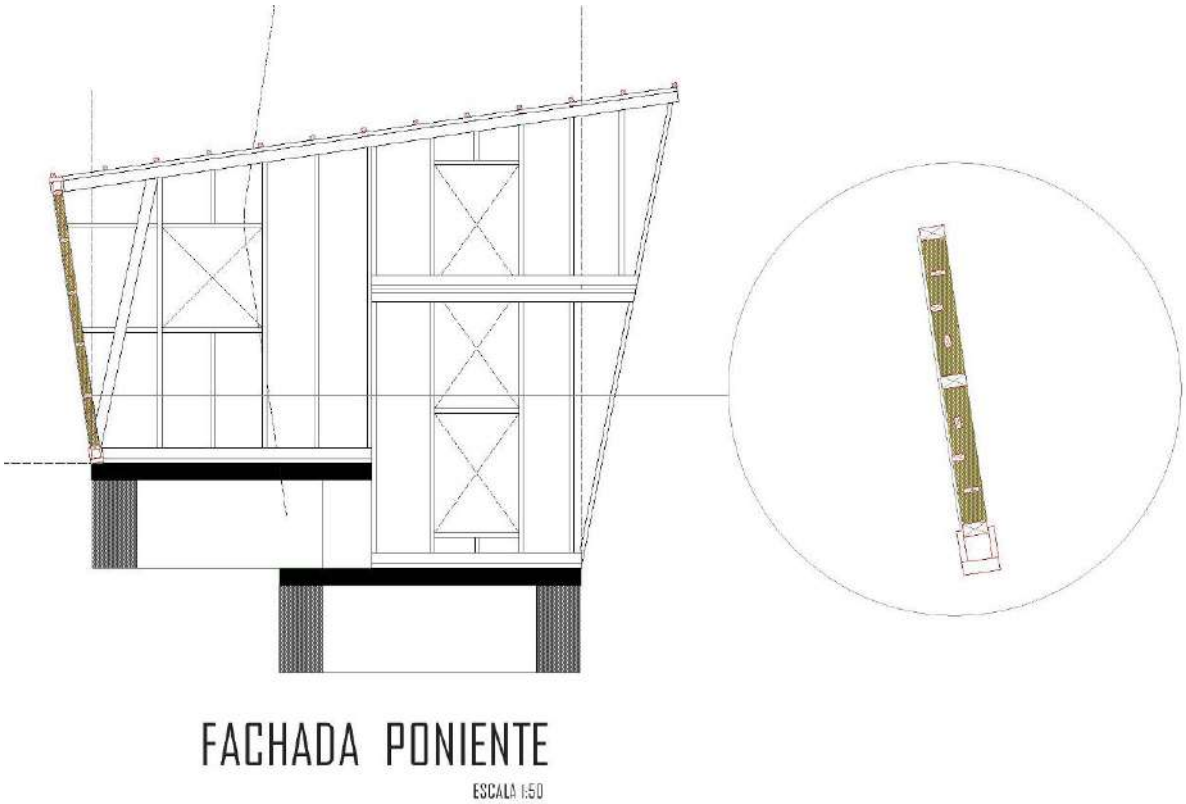


Figura 4. Esquema de la disposición de la estructura de los muros plata baja, con detalle de relleno

La primera etapa de la vivienda contempla dos módulos cuadrados (en planta) que se insertan entre si, el mayor de ellos posee una dimensión de 5,25 m x 5,25 m de altura variable que va desde los 3,20 m. A 5,55 m de altura, el segundo modulo posee 2 pisos teniendo en planta las dimensiones de 4,30 m x 4,30 m y 3,20 m de altura cada uno. En principio el diseño de la vivienda contempló el uso de muros inclinados 15º desde su base hacia el exterior, con ello se buscó lograr una buena relación con el asoleamiento y la capacidad de las inclinaciones de proteger de la lluvia a la base de los muros (en primer piso). Esta inclinación se aprovechó en la fase de aplicación de la aislación de tierra, la cual se inserto desde dentro teniendo ya los forros exteriores, lo que generó una óptima aplicación de la mezcla de tierra y fibra de pino insigne, ya que esta masa se posó en la estructura, evitando que esta escurriera en su estado plástico. Es un hecho que en los muros rectos se tuvo el problema del escurrimiento de la tierra, sobre todo en las zonas

bajas de la vivienda, que en primera lugar se confeccionaron con bajas cantidades de fibra de pino insigne, lo que junto a la retracción por secado fue determinando el cambio de proporción de la mezcla. En estos muros se debió intensificar el uso de la trama de listones en el eje horizontal, él que permitió la adhesión de la mezcla aislante, no obstante los muros inclinados solo tuvieron el problema de retracción y no de montaje puesto que este resultó ser óptimo. En el nivel superior de la casa el ángulo de los muros cambia y es hacia adentro por lo cual se colocaron primeramente los revestimientos interiores para lograr la misma performance en la aplicación del relleno de tierra y fibra que en los muros de la planta baja.

5 REFLEXIONES FINALES

No se conoce una estadística especifica que manifieste un numero de edificaciones construidas en tierra o con componentes de tierra en la ciudad, una primera mirada a la ciudad de Valparaíso dará como resultado una gran cantidad de construcciones que ocupan este dúctil, económico y sostenible material. La tierra desde un tiempo a esta parte, pasó de ser un material olvidado a tener un nuevo auge en su utilización. Este uso ha sido impulsado en gran medida por la investigación y nueva valoración de los diferentes sistemas constructivos que se encuentran en nuestras ciudades. En el caso de Valparaíso, la puesta en valor de las edificaciones existentes a dado como antecedente, el uso masivo de la tierra en sus diferentes versiones, el problema básico de los sistemas con tierra, es la poca perdurabilidad del componente de madera (4). Los materiales contemporáneos sintéticos a pesar de dar una respuesta eficiente a las problemáticas que plantea la construcción, son materiales que no tienen una buena relación de sostenibilidad en su producción y por ende están destinados a desaparecer paulatinamente en relación a las diversas crisis medioambientales y energéticas que nuestro planeta ya plantea. No solo por el hecho de realizar la vivienda con materiales naturales es un proyecto sustentable, puesto que la extracción de estos puede ser un problema medioambiental grave, cuando no hay un manejo apropiado de estos recursos, en la V región de nuestro país no existen grandes plantaciones de trigo donde se puedan extraer paja brava, esta se extrae principalmente en la VI a la VIII región, en donde la adquisición de este producto en algunas temporadas resulta escaso y de difícil acceso. La minimización del impacto ambiental está dada en este caso por la utilización de una fibra residual (hojas de pino), que se encuentra a metros de la construcción con una abundancia que permite cerrar el círculo de sostenibilidad que se pretende lograr.

Los sistemas mixtos de tierra y madera han demostrado ser eficaces frente a las constantes solicitaciones sísmicas, este aspecto demostrado a lo largo de todo el siglo XX, en donde las edificaciones de Valparaíso construidas en madera y tierra han demostrado su perdurabilidad. La vulnerabilidad de este sistema esta dado por la resistencia de la madera a los ataques biológicos que esta presenta en el tiempo. El mayor problema que presentan los sistemas de madera y tierra es relación de la humedad contenida en la madera que posibilita la acción de colonias biológicas de deterioro, es de esta manera que el colapso de estas estructuras principalmente esta dada por la acción de hongos de pudrición y ataque de insectos xilófagos que fagocitan los componentes químicos de la madera. *La pudrición blanca y parda según ataquen a la lignina (Marrón) o a las celulosas (blanquecinas), diferenciándose en esta ultima entre pudriciones secas y húmedas en función del estado del estado de la madera* (Curso de patología conservación y restauración de edificios, 1991) haciéndolos perder su resistencia mecánica. La tecnología nos ha dotado de ciertos productos que anulan o minimizan este riesgo, que es el que finalmente determina la vida útil de este tipo de construcciones, es por ello que el sistema de quincha Interna a pesar de tomar aspectos de la tradición constructiva porteña, incorpora además la impregnación de todos sus componentes de madera como medio que asegure la perdurabilidad del sistema. En este sentido el proyecto plantea el rescate de los aspectos fundamentales de la tradición constructiva, dotándolos de propiedades adicionales por medio de la impregnación de sus componentes estructurales de madera.

Donde las técnicas tradicionales son inadecuadas, la consolidación de un monumento se puede lograr por medio de técnicas modernas de conservación y construcción, cuya eficacia este científicamente demostrada por datos científicos y probadas por la experiencia. (Carta internacional para la conservación y monumentos y sitios. Carta de Venecia 1964, Articulo 10)

Es por ello que se hace necesario volver al origen, dando una mirada fresca a los sistemas tradicionales de construcción en donde se revaloricen sus aspectos positivos y se eliminen los aspectos negativos (principalmente la perdurabilidad de los componentes de madera).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aziz, M. A.; Paramasivam, P.; Lee, S. L. (1981). Pros- pects of natural concretes in construction fiber reinforced. *International Journal Cement Composites and Lightweight Concrete*, Vol. 3, No. 2, 1981.

Carta internacional para la conservación y monumentos y sitios. Carta de Venecia 1964

Curso de patología conservación y restauración de edificios (1991). Tomo 2, Servicio de publicaciones del colegio oficial de arquitectos de Madrid.

Duarte G., Patricio H.; Zúñiga L., Isabel M. (2007). Valparaíso cosmopolita: los efectos de la disposición a la técnica como parte de un espíritu progresista del siglo XIX. *Revista de Urbanismo*, No. 17, Universidad de Chile.

Minke, Gernot (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas en tierra*, Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemania.

Notas

(1) Chile tiene una organización territorial que divide el país en 15 regiones que tienen un gobierno y administración en cada una de ellas.

(2) Valparaíso en los últimos 30 años ha tenido 3 grandes terremotos (en los años 1971,1985 y 2010)

(3) La resistencia a la flexión estática del roble (*Nothofagus oblicua*) es de 85 MPa, a la compresión de 47 MPa y al cizalle más de 12 MPa.

(4) Se sostiene que el problema del daño generalizado de la madera, no es falta de mantenimiento, puesto que es difícil que una estructura que se encuentra detrás de componentes de no se pueden desmontar puedan tener procesos de mantención, por ende esta degradación se produce por proceso natural y una falta de visualización de los constructores hacia la conservación de la madera en el tiempo.

Currículo

Álvaro Riquelme Bravo, Arquitecto, Especialista en Restauración Arquitectónica y Maderas. Cursos de Formación dictado por Instituto Ítalo Americano,Yachay Wasi e International course Wood Conservation Technology ICWCT-ICROM. Académico de la Carrera de Restauración Patrimonial Duoc UC, en el área de Restauración en madera, Policromía y Dorado. Socio fundador de Xiloscopio empresa dedicada a la Restauración Arquitectónica y de Mobiliario

Virginia Cisternas Soto, Arquitecto, Postgrado en Restauración de Monumentos de Arquitectura UPC, Barcelona-España. Postitulo de Conservación y Restauración Arquitectónica Universidad de Chile. Académica y Encargada de Proyectos de la Carrera de Restauración Patrimonial Duoc UC. Realiza docencia en las áreas de Teoría de la Restauración y Taller de Materiales Pétreos. Ejecuta Proyectos de Restauración en piedra y yeso.

LA CONSTRUCCIÓN DEL RESTAURANTE "LAS CÚPULAS": UNA EXPERIENCIA DE AUTOCONSTRUCCIÓN DIRIGIDA

Pilar Diez Rodríguez

Arquitecta – Urbanista. Palencia, España. pilar10rodriguez@hotmail.com

Palabras claves: arquitectura de emergencia, tierra ensacada/*earthbag*, autoconstrucción, cúpula

Resumen

El presenta artículo muestra el proceso constructivo seguido en el restaurante "Las Cúpulas", analiza las fortalezas y debilidades del sistema y como se ha adaptado la técnica para cumplir las normativas existentes.

La tierra ensacada, *earthbag*, es una técnica constructiva propia de situaciones de emergencia, que se remonta a la construcción de trincheras, refugios y barreras realizadas en la guerra, a partir de apilar sacos rellenos de tierra compactada enlazados con alambre de espino.

El interés de una pareja de San Cebrián de Campos (Palencia) por construir su negocio, un restaurante, con esta técnica, surge de la premisa de realizar un edifico formalmente llamativo y de bajo coste, con tierra. Se busca una técnica que fuera sencilla de ejecutar y no requiriera experiencia previa, puesto que ellos mismos querían participar de la construcción del edificio, de ahí su apuesta por utilizar la tierra ensacada o *earthbag*.

El edificio en planta se configura como un crecimiento orgánico a base de círculos que podrían continuar y ampliarse indefinidamente, cada uno de estos círculos es una cúpula. En total nueve cúpulas forman el edificio, que girando sobre sus centros evitan la repetición espacial y la existencia de un solo eje visual.

La construcción del edificio es global, todas las cúpulas crecen simultáneamente, hilada a hilada, y sus empujes se contrarrestan entre sí. Un doble radio marca la posición de cada una de las hiladas, que, con una proporción gótica, van formando por aproximación las que en realidad son falsas cúpulas. El proceso es sencillo, el saco se va rellenando al tiempo que se va posicionando y a continuación se compacta manualmente.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

En estos años de crisis económica, en España es muy difícil encontrar trabajo, más aun en el medio rural donde prácticamente no lo había ya en tiempos de bonanza económica.

San Cebrián de Campos es un municipio de la zona de Tierra de Campos, en la Provincia de Palencia, con 481 habitantes.

En plena meseta castellana, la principal actividad que se desarrolla en la zona es la agricultura, sobre todo cerealista. Pero también es una zona cargada de historia y patrimonio, la Iglesia de San Cornelio y San Cipriano está declara Monumento Nacional desde el año 2000 y muy cercano se encuentra un punto clave del Canal de Castilla (obra declarada Bien de Interés Cultural) como son las esclusas de Calahorra de Rivas.

También en el municipio, como en todos los de Tierra de Campos, se puede encontrar toda la variedad tipológica de construcciones en tierra de la arquitectura tradicional: palomares, viviendas, casetas de aperos realizadas con adobe o tapial, estructura de madera y cubiertas de teja árabe.

Aun con este potencial es una zona carente de servicios al turismo. En este entorno surge la iniciativa de una familia de San Cebrián de Campos por emprender su propio negocio como medio de vida, apostando por instalar un restaurante en el municipio[1].

1.2 Objetivos

La premisa principal para realizar el edificio de restaurante fue construir un edificio singular, llamativo, atractivo para la gente, y a muy bajo coste y que al mismo tiempo fuera una construcción sencilla, dentro de una filosofía cercana al “do it yourself”, entendida como un proceso de autoconstrucción, en el que los promotores pudieran participar en la propia obra.

La normativa y la complejidad de las instalaciones para una edificio de pública concurrencia exige que sean instaladores acreditados quienes las realicen, también la propia envergadura de la obra no posibilita que personal sin experiencia de obra la pueda realizar, pero si la participación coordinada con los distintos equipos que intervienen.

Ante estos condicionantes solamente la tierra permite una construcción económica y a la vez de altas prestaciones, en definitiva arquitectura sostenible “low tech”.

En el municipio, como ya se ha dicho, existe un amplio “catálogo” de edificios construidos con tierra, y con diferentes técnicas de tapiales y adobes. Los promotores conocen estas técnicas, pero la necesidad de simplificar (suprimiendo el uso de encofrados) y al mismo tiempo innovar fue lo que les hizo decidirse a utilizar la técnica de la tierra ensacada o *earthbag*, de la que había tenido noticias a través de Internet.

Figura 1. Imagen del restaurante “Las Cúpulas” en su inauguración

2. ANÁLISIS DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA

2.1 Referencias

La técnica constructiva se remonta a las construcciones de emergencia realizadas en tiempos de guerra, refugios, barreras y trincheras de protección, se realizaban con sacos de tierra apilados y atados entre sí con alambre de espino desde ya antes de la Primera Guerra Mundial.

En Alemania, desde 1977 en el Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales (FEB: Forschungslabor für Experimentelles Bauen) de la Universidad de Kassel, se han estado investigando prototipos de viviendas antisísmicas realizadas con barro, con el objetivo de ensayar los materiales locales que en algunos casos se habían incluso prohibido, mientras que muy al contrario, la experiencia indicaba su buen comportamiento en

los sismos de Chile, Argentina y Guatemala. Algunos prototipos se basaron en la construcción con largos sacos continuos rellenos de tierra arcillosa, pómez o arena, en algunos casos los muros se fijaban verticalmente con cañas de bambú y en otros los independizaban de los empujes de las cubiertas, realizando una estructura exenta de madera, y utilizando como revestimiento de los muros varias capas de pintura a la cal[2].

Un desarrollo paralelo de esta técnica es el llevado a cabo en California por el Arquitecto iraní-americano Nader Khalili (1936-2008), quien se inspira además en las construcciones tradicionales del desierto. Basado en los sistemas estructurales del arco y la bóveda desarrolló la construcción con *earthbag*, en principio como solución para dar cobijo y vivienda en las situaciones de emergencia y desplazamiento de personas, pero proponiéndolo también como un sistema de vivienda permanente capaz de cumplir las normativas más exigentes. Viviendas de bajo costo, de autoconstrucción, respetuosas con el medioambiente, resistentes a los terremotos y cuya forma más básica es el domo o cúpula realizada a partir de hiladas de *earthbag*/tierra ensacada que se unen entre sí mediante alambre de espino.

"La tierra es el material más ecológico, abundante y duradero que existe y además ¡está por todas partes!"[3], Nader Khalili fue asesor de la ONU para la arquitectura sostenible, y su método fue empleado en el año 1995 para establecer un campamento de desplazados desde Irán a Irak por el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR). En 1996 comenzó la construcción de un complejo museístico y de investigación en Hesperia (California, USA) donde desarrolló el método de construcción con tierra y cerámica fundando el California Institute of Earth and Architecture (Cal-Earth).

2.2 Procedimiento. Fortalezas y debilidades.

La denominación de la técnica *earthbag*, que literalmente se traduce como tierra ensacada, se conoce popularmente en español como superadobe. Esta definición, es doblemente errónea por cuanto la vincula a la técnica del adobe, con la que nada tiene que ver y el prefijo "súper" que induce también a error por cuanto pudiera entenderse como "superior a".

La confusión viene de definir la técnica como la construcción a partir de sacos o largos tubos de lona, tela o rafia rellenos de "adobe". Pero esta definición en alusión a su nombre no es realmente exacta, la técnica consiste en que el saco o tela hace las veces de encofrado perdido para realizar en su interior un relleno de tierra, generalmente estabilizada, prensada o apisonada, en realidad más próximo al tapial que no al adobe.

Los sacos rellenos con la tierra se van disponiendo en hiladas horizontales, uno tras otro, creando los muros de carga o simplemente el cerramiento según los casos.

El sistema en principio no necesita de otros medios auxiliares. En comparación con el proceso de ejecución del tapial, no necesita disponer de unos medios auxiliares como son los encofrados ni tener que conocer su sistema de colocación, desplazamiento de una zona a otra, etc., con lo que se acelera el tiempo de ejecución en obra, se necesita menos preparación de medios y una menor competencia y profesionalidad de los operarios.

Esto es la causa de que sea un sistema idóneo para situaciones de emergencia en las que las actuaciones se caracterizan por la rapidez necesaria, la escasez de medios y la falta de preparación del personal disponible.

Pero el uso de los sacos como encofrados perdidos genera otra serie de problemas. En primer lugar los sacos adecuados, al menos cuando son de materiales plásticos, tienen que ser de rafia para permitir la aireación y que haya un fraguado de la mezcla. También en los bordes laterales es complicado pisar lo suficiente y, a veces, en el propio proceso de apisonado el saco se revienta, de modo que de una u otra forma el muro pierde sección útil portante.

El siguiente paso, una vez realizada la estructura o cerramiento es su protección frente a la humedad o lluvia mediante un revoco o impermeabilización exterior. Independientemente del material con el que se realice (mortero de cal, mortero de cemento, mortero bastardo, revoco

de tierra) siempre va a existir un problema de adherencia con el muro, pues aunque la forma irregular la favorezca, el material plástico del saco es una barrera entre capas de distinta naturaleza que puede llegar a ser incompatible según los casos.

Es necesario e imprescindible que se realice un mantenimiento continuo y adecuado del acabado exterior, para evitar su deterioro y que no permita la entrada de filtraciones de agua de lluvia y humedades que son el principal enemigo de este sistema constructivo.

Aunque este mantenimiento es también necesario en las construcciones realizadas con adobe y tapial, estas técnicas no tiene el problema añadido de la adherencia que produce la presencia intermedia del saco, que en la técnica de la tierra ensacada es necesario tratar tanto al exterior como al interior. Sí es necesario que los morteros utilizados para los revocos sean compatibles con la fábrica de tierra (no es una buena elección el mortero de cemento) pero el mortero por si solo ya presenta una mejor compatibilidad sin necesidad de usar otros medios auxiliares de anclaje, como mallas, vendas, clavos, cotespigas.

Por último, como problema común a evitar, en todos los sistemas constructivos con tierra, es la colocación de suficientes barreras para evitar el agua de absorción por capilaridad desde el terreno y los propios cimientos. Para ello además de sistemas de impermeabilización es necesario disponer de sistemas de drenaje adecuados.

Figura 2. Detalle de los revocos exteriores

3. DISEÑO DEL EDIFICIO

La decisión de utilizar tierra ensacada como sistema constructivo condicionó completamente el diseño volumétrico del edificio, el formalizar los espacios a través de cúpulas genera una geometría cuya siguiente cuestión a resolver fue cuál es el máximo diámetro que a autora atrevía construir.

Así, la planta el edificio se configura como un crecimiento orgánico a base de círculos que podrían continuar y ampliarse indefinidamente, pero utilizando únicamente dos tamaños, dos medidas de diámetro interior: 4,80 m y 4,00 m.

El programa funcional del edifico es un salón para restaurante de unos cincuenta comensales, aseos, cocina y zona de servicio con almacén, cuarto de instalaciones y baño.

Para albergar todo el programa se definen dos zonas, la primera correspondiente a los accesos y el comedor se configura mediante la macla de cinco cúpulas que giran sobre sus centros abriendo un juego de visuales transversales en el espacio interior que evita la

repetición espacial y la existencia de un solo eje visual. La segunda zona, privada y de servicio la forman tres cúpulas en donde se instalan la cocina, cuarto de servicio, almacén e instalaciones. Desde la segunda cúpula del comedor se tiene acceso a la cocina, y en un extremo se adosa otra cúpula en la que se sitúan los aseos. En total nueve cúpulas configuran todo el edificio.

Las cúpulas del comedor se cierran en su parte superior con óculos de iluminación y ventilación, alcanzan una altura de aproximada de 5 m y en las fachadas se distribuyen una serie de ojos de buey a la altura de los comensales.

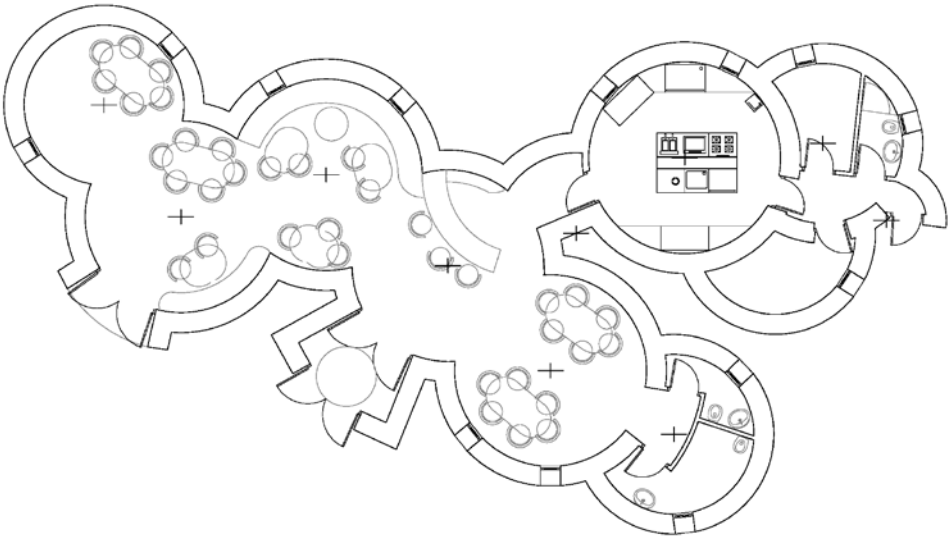


Figura 3. Planta del restaurante

4. DESARROLLO DE LA OBRA

4.1 Cimentación

El nivel freático de la parcela era muy superficial, apareció agua en una simple cata superficial. Por ello la cimentación que se planteó al edificio fue una losa de Hormigón Armado, bajo ella se situó una lámina de impermeabilización y un sistema de drenaje de tubo poroso perimetral, junto a una capa de encachado de unos 20 cm. de espesor.

La propia losa se conecta a un murete de Hormigón Armado que sirve como refuerzo en la zona del anillo de presiones de las cúpulas.

4.2 Las cúpulas

Previo a la realización de la obra se realizaron veinte pruebas de dosificación de la mezcla de tierra para el relleno de los sacos, y se ensaya en el laboratorio la mezcla final de tierra estabilizada (dosificación de tierra-cemento 10:1) que finalmente se utiliza para el ensacado en un saco continuo de rafia.

Las cúpulas se levantan con una proporción gótica formando una falsa bóveda por aproximación de hiladas. Cada hilada vuela unos centímetros sobre la inferior hasta que creciendo en altura el muro se cierra sobre sí mismo. La intersección de cúpulas genera también un arco gótico teórico, de paso entre ellas, que se construye también por aproximación, sin utilizar ningún tipo de encofrados u otros medios auxiliares.

Para el replanteo de la posición de cada una de las hiladas de tierra ensacada se utiliza un doble radio, un arco tiene origen en el centro y otro en el extremo. Así cada hilada vuela sobre la inferior formando la falsa bóveda por aproximación

El edificio se construye en bloque, todos los muros crecen simultáneamente, fila a fila, y los

empujes se contrarrestan entre sí. El momento más peligroso de la construcción llega cuando se alcanza la altura de los hombros de la bóveda, el voladizo en ese momento es muy grande y los empujes no están completamente equilibrados, las hiladas superiores podrían volcar hacia el interior. Como medida de seguridad se apuntaló toda la coronación de las cúpulas.

Figura 4. Imagen del proceso constructivo

En definitiva el proceso constructivo es relativamente sencillo y se podría decir que casi mecánico: se replantea el centro de la hilada a ejecutar utilizando los compases, in situ, sobre el muro, se rellena el saco con la mezcla de tierra estabilizada simultáneamente a su posicionamiento en el muro y se compacta manualmente.

A continuación, entre cada hilada, se coloca alambre de espino, con doble recorrido y se refuerza en los encuentros y empalmes. Como mejora a la conexión entre hiladas se realiza un cosido al tresbolillo con varillas de acero inoxidable y se refuerza sobre todo los arcos góticos de encuentro entre cúpulas.

Los cargaderos de ventanas y puertas de paso se resuelven mediante arcos de descarga. Para realizarlos se adapta la propia forma del saco continuo cuando el material aún está fresco. Por una cuestión de economía del proceso, para adaptar esas formas se utilizan bidones reciclados en vez de cimbras de madera.

Una vez cerradas las cúpulas en toda su altura se realizan los revocos del exterior y al interior. Para mejorar la adherencia entre capas y evitar posibles fisuras se utiliza fibra anclada a cotespigas situadas al tresbolillo. Se aplica una primera capa o trullado para regularizar los bordes y canales entre sacos y se realiza una segunda capa de acabado final, en la que se introduce la fibra. Para los revocos se utilizan morteros bastardos de cal con el color en masa.

Otra mejora que se introduce al sistema es la impermeabilización de todos los encuentros entre cúpulas mediante una pintura asfáltica con refuerzo.

Figura 5. Imagen de los revocos interiores

4.3 Instalaciones

En cuanto a las instalaciones de las que se dota al edificio, el objetivo fue realizar un edificio sostenible, se busca reducir lo máximo posible el consumo de energía y las emisiones de CO_2.

El edificio contribuye de una forma estática con su orientación. Se cierran los paramentos al norte y se abren hacia el sur. También contribuye al ahorro energético contribuye la inercia térmica de los muros de tierra y por último, la elección del sistema de calefacción-refrigeración que se proyecta para el restaurante.

La instalación de calefacción-refrigeración consiste en un sistema de suelo radiante-refrigerante mediante Aerotermia. Este sistema, a través de una bomba de calor aerotérmica captura la energía del exterior en forma de calor y reduce el consumo sin producir emisiones de CO_2 al no realizar ningún tipo de combustión.

Para la iluminación del edificio se utilizan lámparas de bajo consumo.

5. CONCLUSIONES

Tras la experiencia en la ejecución del restaurante y el resultado obtenido en la apuesta por esta técnica propia de situaciones de emergencia, se pone de manifiesto la enorme capacidad de desarrollo que tiene aún por explorar esta técnica, desde su propio desarrollo a su capacidad plástica.

La construcción sostenible tiene otras vías distintas de las habituales y el fenómeno de la autoconstrucción, muy ligado a la construcción con tierra, cada vez tiene más seguidores

que operan al margen de las normas establecidas. Internet es una fuente información que no tiene fronteras y se ha convertido en un auténtico manual, muchas veces no adecuado, de construcción con tierra ensacada.

Podría ser que el uso de la tierra ensacada hoy, fuera sólo una moda derivada de la coyuntura existente, no es ni mucho menos la mejor de las técnicas de construcción con tierra, pero ante la demanda, es necesario dar respuesta a los problemas técnicos que genera y plantear soluciones de mejora que permitan su uso en construcciones más duraderas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Minke, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Alemania: Ed. Forschungslabor für Experimentelles Bauen, Universidad de Kassel.

Nader Khalili, E. (2008) *Emergency sandbag shelter & Ecovillage.* USA: Ed. Cal-Earth Press, Hesperia..

Notas

(1) Han hecho que este edificio sea posible: Sagrario Calvo Rodríguez y Alberto Aguado Donis, sus promotores y vecinos de San Cebrián de Campos (Palencia).

(2) A partir de la recopilación y análisis de los daños de los sismos en Guatemala y Chile, en la construcción de prototipos de viviendas antisísmicas en Guatemala, Ecuador y Chile, los proyectos de investigación llevados a cabo en el Forschungslabor für Experimentelles Bauen (FEB), (Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales) de la Universidad de Kassel, Alemania, y los seminarios de científicos que se llevaron a cabo bajo la dirección de Gernot Minke en 1997 y 1998 en Santiago de Chile y Mendoza Argentina, se publicó el *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*, Ed. FEB, Universidad de Kassel, 2001, patrocinado por las instituciones alemanas, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) y Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) en el contexto del proyecto de investigación *Viviendas sismorresitentes con materiales locales y climatización pasiva en zonas rurales de los Andes*.

(3) El Nader Khalili. *Cal-Earth Institute*, Hesperia. USA.

Currículo

Pilar Diez Rodríguez, arquitecto-urbanista, Máster en Restauración del Patrimonio, doctorando en “Modernidad y contemporaneidad en la Arquitectura” del área de Proyectos arquitectónicos de la Universidad de Valladolid. Directora de la Unidad de Promoción y Desarrollo de la Diputación de Palencia en cuatro ediciones. Presidenta de la Delegación de Palencia del Colegio de Arquitectos de León.

PROYECTO DEMOSTRATIVO CONTEMPORÁNEO EN CHILE: PUEBLITO ARTESANAL DE HORCÓN
Memoria e impacto de una experiencia con la quincha, en el Valle de Elqui

Lucia Esperanza Garzón

Celular 57 3102450630
luciagarzon@yahoo.com; bioarquitecturatierra@gmail.com

Palabras claves: quincha, valorización, evaluación post ocupación.

Resumen

El Pueblo Artesanal de Horcón es un proyecto demostrativo realizado en Chile, 4ª región, Valle de Elqui, municipalidad de Paihuano, localidad de Horcón.

Fue una iniciativa que comenzó en el año 1995 y se construyó el 2005, surgió como un proyecto de desarrollo para promover la economía local, estimular las manifestaciones de la cultura local y desarrollar el turismo en una zona deprimida económicamente en la región, fue financiado por la gobernación dentro de un programa estatal, gestionado por el alcalde Lorenzo Torres, proyecto licitado y diseñado por Lucia Garzón como arquitecta proyectista.

En el programa inicial de espacios se proyectó con treinta locales para talleres de artesanos, un restaurante con sus servicios, donde allí mismo ofrecieran sus productos, un espacio de encuentro con un escenario al aire libre, juegos para los niños, estacionamientos para caballos y autos, áreas de picnic y posas de baño a la orilla del rio.

Se planeó el proyecto por etapas y con desarrollo progresivo, usando materiales locales y recuperando técnicas locales, fue así como se eligió la quincha tradicional mejorada, con cobertura de fibra vegetal tipo “totora’, técnica tradicional ancestral (ya perdida en la zona y de grandes posibilidades térmicas) que revalorizo y visibilizo saberes locales que hacían coherencia con la filosofía del concepto del ‘pueblito’ y el proyecto social de generación de ingresos para las familias de artesanos participantes.

Hoy, después de diecisiete años de gestación y de siete años de construcción y ocupación, se evalúa y analiza con una mirada científica bajo una metodología que incluye el impacto ambiental, con un análisis del ciclo de vida y el énfasis está en las acciones, actividades, productos, efectos y el impacto así como los procesos y resultados, incluyendo el cambio en los paradigmas mentales y culturales, que este proyecto desato en la región.

La metodología de evaluación post ocupación se basa en cuatro categorías, la primera es la urbana-rural, visualizando el efecto que genero el proyecto en el desarrollo de la trama urbana, la cobertura de este equipamiento cultural y recreativo y una zona precaria y pobre, el segundo son aspectos espaciales, físicos y tecnológicos de la recepción del tipo de materiales y su valorización en el lugar, el tercero es el desempeño ante los factores ambientales sociales y culturales y una última categoría en relación a la gestión, proyección e instrumentos de medición de impacto ambiental, incluyendo la variable social con indicadores cualitativos y cuantitativos.

En este evento se presentaran los resultados de la primera fase de investigación post ocupación y el retorno al lugar con el objeto de evaluar esta metodología con enfoque social y ecológico.

1. ANTECEDENTES Y LOCALIZACION

El proyecto del Pueblito Artesanal Comunal de Horcón es una propuesta de recuperación cultural del saber ancestral, que parte del concepto de estimular la memoria desde las artesanías, hasta la arquitectura vernácula, surge como un espacio de encuentro y promoción social de una cultura particular local, que existe en una zona del desierto de Chile, emplazado a 111 km al sur oriente de La Serena (figura 1).

Horcón es una localidad de la comuna, pertenece al distrito de Alcohuaz que en su momento tenía una población de 754 habitantes (censo/92) emplazado en una de las riberas del Río Claro, al lado de la Escuela rural de Horcón, en el predio agrícola de Volta y Laja.

Horcón pertenece a la Comuna de Paihuano (29º00' y 32º00' latitud sur y 70º00' y 71º45' longitud oeste), está localizada en la Provincia de Elqui, IV Región de Coquimbo, se localiza en la sección media y superior de la cuenca del Río Elqui, conocida geográficamente como la zona de los valles transversales del Norte Chico, por donde corren el Río Cochihuaz, el Río Claro y el estero Derecho, que se nutren de las nieves cordilleranas.

Tiene una vegetación característica de ambientes semiáridos, con una capacidad de recursos hídricos suficientes aunque escasos. El paisaje a lo largo de los valles ha sido la fuente de turismo y en las últimas décadas la producción donde se sumaron los cultivos intensivos de parronales, que a través del aire seco y la refracción de los cerros reciben mucha energía solar produciendo industrialmente un excelente licor denominado pisco, reconocido en el país.

El clima es de tipo precordillerano, seco y templado con características semiáridas, denominado como Estepa Templada Marginal (localizado en una altitud subtropical). Con temperatura media de 26ºC y una amplitud térmica muy alta, durante el día puede llegar a 30ºC y en la noche a menos de cero grados, dependiendo la estación.

Figura 1 – Acceso y plazoleta interior del Pueblito Artesanal de Horcón, con nieve en el invierno (VII/2011) y seco en el verano (2013). Fotos: www.puebloartesanaldehorcon.cl

El Pueblito Artesanal de Horcón está a una altura de 1500 m sobre el nivel del mar. La humedad relativa es baja, entre 15% en tiempo seco y 60% en la estación invernal, con atmósfera límpida, dependiendo de la estación, pero está siempre despejado entre siete y diez meses. Una de las variables complejas son esporádicas nevadas por estar en la parte alta del valle.

La comuna está ubicada entre la alta cordillera, conformada por cumbres que se elevan por sobre los 4000 m encima del nivel del mar, y la geografía ofrece enormes desniveles en los fondos de los valles que sobrepasan los 2000 m y 3000 m. Por ellos, la topografía es abrupta con estrechez en los valles.

Como toda la región cordillerana chilena y al estar entre los valles transversales, geológicamente hace parte de la zona de alta sismicidad y en este valle, específicamente, se han presentado terremotos de alta intensidad y con frecuencia a través del tiempo.

Esta región y la comuna han sufrido históricamente sequias extremas donde las precipitaciones fueron inferiores a 30 mm anuales, siendo un lugar muy sensible a los cambios climáticos actuales. De los últimos 60 años, 37 han tenido precipitaciones inferiores a los 260 mm y aunque penetran neblinas costeras, es muy baja la pluviosidad. El agua se surte por los deshielos y las cuencas hidrográficas. La cuenca presenta ocurrencia de eventos catastróficos cuando aumenta en inviernos y en la época de los deshielos.

Bajo los 2000 m sobre el nivel del mar, la vegetación característica es el espinal con asociación de cactáceas y arbustos espinosos. Por los sedimentos, a lo largo del río el suelo es apto para la agricultura y extendiendo el riego pueden desarrollarse los suelos que no han sido sembrados.

El acervo de la arquitectura local y vernácula es un patrimonio cultural de los habitantes de Valle de Elqui y esta fue otra de las motivaciones para desarrollar el proyecto con una visión social, que promoviera el crecimiento económico y cultural de sus habitantes, dentro de una filosofía pertinente al imaginario local y que se materializo respondiendo con soluciones adecuadas a esa realidad rural (figura 2).

Figura 2 – Fachada principal y torre “icono” del Pueblo Artesanal de Horcón.
Foto: www.puebloartesanaldehorcon.cl

Por ello la utilización de materiales locales y no convencionales, fue el criterio de diseño, y más allá del retornar románticamente al pasado, el proyecto busco responder a las condiciones particulares del lugar con una propuesta de arquitectura con tierra y madera, de calidad, segura y que implementara una técnica mixta, como la quincha tradicional del lugar, dentro de la bio-arquitectura sana, tanto para el medio ambiente (en su producción) como para sus usuarios, y especialmente visualizando holísticamente lo ecológico, racionalizando los recursos locales materiales y humanos.

El proyecto surge por la visión social del alcalde y la promoción y financiamiento surgió como iniciativa para canalizar fondos nacionales para la cultura y el desarrollo, dentro del marco de aminorar la pobreza de este municipio y explorar el desarrollo a través del ecoturismo, promoviendo la cultura local, potencializando las expresiones locales y generando a su vez ingresos económicos.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA Y FILOSOFIA DEL PROYECTO

El proyecto “Pueblito Artesanal Comunal de Horcón” se propuso a partir del diseño con elementos que exaltaran la principal riqueza del valle de Elqui y recrearan la memoria del nuevo siglo, con la recuperación, valorización y presencia de culturas ancestrales indígenas: Diaguita, Molle e Inca.

La morfología surgió de algunos elementos semiológicos y simbólicos, tales como**:**

El sol como eje y elemento de vida que, dentro de la mitología precolombina, es un elemento sagrado, sincretiza varios símbolos en el lugar. Horcón al ser un asentamiento poblacional disperso, con el proyecto se propuso generar un polo de desarrollo regional y eco turístico, concentrar un foco y representarlo como el sol de Elqui, al generar una expansión de la población hacia este lugar e irradiar crecimiento desde este centro.

Por el emplazamiento del proyecto y habiendo realizado un análisis de los elementos que pertenecen a la identidad del lugar especialmente en el diseño *Diaguita y Molle*, donde la construcción era con terrazas escalonadas en los asentamientos precolombinos, se recreó con una síntesis, y surgieron algunas formas geométricas que parten de triángulos escalonados conformados por rectángulos simétricos. Estas formas hacen parte del juego de geometría que se tradujo en la planta arquitectónica, y son una forma que se traspasó a

la geometría del proyecto y se refleja en el planteamiento de elementos culturales con integración histórica y social (figura 3).

De la arquitectura vernacular se retomó la tipología de las construcciones con el concepto espacial de la “casa corredor”, con espacios de transición entre el entorno natural y el espacio privado.

Figura 3 – Localización del proyecto e interior con los locales comerciales del Pueblo Artesanal Comunal de Horcón. Fotos: www.puebloartesanaldehorcon.cl y www.portaldeelqui.cl

El valle, el río y el agua son elementos fundamentales en la memoria de la subsistencia de esta zona, en esta idea arquitectónica con los ejes: sol y río proponen el trazado del proyecto.

Del río se creó un tensor imaginario, que irradia de forma concéntrica sobre un eje y crea los diferentes puntos de referencia para el emplazamiento de los volúmenes que conforman el “pueblito”. Con espacios de concentración de público, como lugares de mayor vitalidad, por el sentido de colectividad, se ubica el escenario y las graderías, son un espacio dinamizador cultural que integra abiertamente otros espacios y se expande a través de pequeñas plazas y plazoletas en las diferentes etapas constructivas.

El color de la tierra con ocres y terracotas es uno de los atractivos del valle, evocan los tonos naturales de los minerales de las tierras, motivo de las visitas turísticas y por ello, dentro del proyecto, es otro recurso de diseño: en él pueblito, se exaltan ocres, cremas, terracotas, rojos, negros y blancos que están presentes en los vestigios arqueológicos en la cerámica y semiología de las culturas ancestrales de este valle, tonos que se mimetizan con el paisaje natural, por esto la tierra y las fibras vegetales armonizaron el diseño arquitectónico.

2.1. Materialidad natural

Por estar localizado en el área rural, se buscó recrear las texturas y materiales nobles, la propuesta fue exaltar las sensaciones rusticas que se proyectaron en la arquitectura, demostrando el uso, aplicación y las bondades propias de los recursos naturales como: la tierra, la arcilla o barro, la piedra, madera y cañas.

2.2. Escala Humana

Por último la importancia de la escala y las proporciones del “pueblo”, con un solo piso, algunas terrazas y niveles para jugar con la topografía del terreno y proteger la construcción de eventuales crecimientos del río, como criterio se creó un paisajismo acorde al medio

ambiente, con una simple ornamentación que fuese exaltada con la expresión de la artesanía local, diseños de mobiliario exterior con juegos geométricos representados en las texturas de los pisos volúmenes, muros, carpintería de ventanas y puertas, entre otros.

2.3. Espacios

Desde el inicio, se propuso el "Pueblito" por desarrollo progresivo y para ello se proyectó por módulos ya que podría duplicarse y triplicarse, dependiendo del crecimiento, nivel de aceptación, y del impacto en la respuesta socioeconómica.

El programa inicial de espacios fue de 700 m^2 cubiertos y cerca de una hectárea de paisajismo e intervención en el exterior.

El centro son los locales para los artesanos, en él se construyeron seis módulos repetitivos de 50 m^2, donde se distribuyen treinta locales artesanales (desde 6 m^2a 20 m^2 cada uno, sumando más de 300 m^2).Allí se ofrecen productos locales, el restaurante (80 m^2), los baños y zonas de servicios (40 m^2), cocina (30 m^2), un espacio central descubierto, centro de encuentro al aire libre para actividades culturales con sus respectivas graderías (300 m^2), el salón de exposiciones (60 m^2), administración (60 m^2), la zona de juegos infantiles, zona de picnic familiar, estacionamiento de vehículos de tracción animal y mecánica (caballos y carros) y las piscinas naturales para tomar baño en el rio durante el verano.

Hasta el momento solo se desarrolló la 1ª etapa, aún no ha crecido y sigue en el planteamiento inicial, con ocho años al servicio de la comunidad artesanal, administrado por la alcaldía y la asociación de artesanos de Horcón (figura 4).

Figura 4 - Sala de exposiciones y corredores del Pueblo Artesanal de Horcón.
Foto: www.skyscrapercity.com

3. SISTEMA CONSTRUCTIVO

3.1. Hacia la revitalización de una técnica local: LA QUINCHA

El proyecto se enmarco dentro de los bienes de interés cultural y tomo como premisa: el saber hacer, o sea la recuperación de las técnicas vernaculares, con una mirada holística ecológica, ambiental y cultural, por esto el proyecto recurrió a la técnica mixta de quincha, por ser un sistema aun presente en la región, que se mantiene vivo, aunque poco valorizado y adicionalmente para la cobertura se recuperó la técnica de cubiertas con una fibra vegetal local denominada: techo "cuyano" elaborado con la totora.

Las técnicas mixtas dentro de la arquitectura con tierra son múltiples y en todo el mundo están realizadas con diversos recursos naturales y ahora industriales, pero es importante resaltar, que en esta área del conocimiento específico hay mucho por investigar en cada región pues ya que pertenecen a las técnicas con mayor diversidad, especialmente en América Latina.

Como lo dice su nombre, las técnicas mixtas son técnicas que incluyen varios materiales:

El sistema estructural es realizado con múltiples materiales de origen vegetal o industrial que son el cuerpo o el esqueleto que lo sostiene.

> *La tierra o el barro que cumple en algunos de estos sistemas la función de relleno y de revestimiento, potenciando una de las principales propiedades: dar respuesta a condiciones ambientales en un comportamiento acústico y térmico*. (Neves; Faria, 2011, p. 62)

En Chile por las condiciones ambientales, culturales y geológicas las técnicas mixtas son sistemas apropiados para desarrollar la cultura constructiva de la tierra,al ser muchas las ventajas que ofrece, una de las más importantes es que la estructura al ser en madera,en este contexto , usada de forma rolliza para coberturas y aserrada para envoltura de paredes, responde dinámicamente a los esfuerzos de tensión, torsión y flexión; la tierra como material, regula la temperatura, humedad y sonido, brindando cualidades que no le exigen responder estructuralmente.

En el manual de quincha peruano dice: *La quincha es un sistema constructivo que permite realizar edificaciones construyendo paredes conformadas por marcos de madera sobre los cuales se hace un tejido de cana generando superficies que reciben una capa de barro con paja y luego un revestimiento final* (Urriola; Tejada, 2008, p.2).

Es un país que conserva por tradición una cultura constructiva con la madera y donde existen cadenas productivas en esta área de la económica forestal, la quincha es la técnica más apropiada para el sector rural, por la producción de la madera que, en Chile, está racionalizada y el consumo de este material hace parte de la cultura, por lo tanto, es un material accesible, económico y funcional, ofrece calidad estructural, flexibilidad y realizado técnicamente responde muy bien en zonas de alta sismicidad (figura 5).

Figura 5- Panel de quincha prefabricada; detalle constructivo. Foto: Lucía Garzón.

La técnica de madera con tierra promueve la mano de obra local, con la madera ya existe una oferta capacitada para realizar el oficio, al ser un material liviano, favorece para que la cimentación sea más económica y fácil de realizar. El relleno se realizó con tierra buscando maestros con la sabiduría local para realizar este trabajo.

La estructura maestra de la quincha fue proyectada y realizada con madera local tipo pino, (*pinus insigne*), debidamente procesado y dimensionado. El sistema se realizó aportincando vigas, columnas y viguetas, construido in situ, con una estructura auxiliar de paneles y se desarrolló con el sistema de quincha mejorada. Donde se incrementaron ensambles con montajes técnicos. El sistema de ensambles se realizó a través de platinas metálicas debidamente calculadas bajo las normas de sismo resistencia del país, y que debían resistir el peso de hasta un metro de nieve, hecho que ocurre eventualmente en este lugar.

Para que estas técnicas respondan con durabilidad y calidad, deben someterse a los procesos técnicos y científicos de manejo de corte, inmunización, protección de hongos y de vectores que puedan vulnerarlo, el incendio es una de sus mayores fragilidades al revestirlo con tierra se disminuye este riesgo.

El proyecto enmarcado en la búsqueda actual del equilibrio entre la construcción y el medio ambiente, promovió una solución donde se integraran los métodos tradicionales mejorados de construcción con tecnologías intermedias, sin desconocer la memoria para sensibilizar y crear un impacto estético, respaldado por las investigaciones científicas, pero con la perspectiva de ofrecer un producto o resultado novedoso.

También se proyectó como un ejemplo de arquitectura tradicional que intencionalmente quería causar un impacto por el diseño y volumen plástico, con las proporciones y el encanto de las estructuras en madera, otra tradición local, y creo nuevas sensaciones y un conocimiento de lo intuitivo a lo racional.

3.2. La cobertura

La cubierta de proyecto surgió de la observación e investigación de las técnicas local, al encontrar la fibra vegetal denominada totora (*Schoenoplectus californicuss sp. tatora*) que ha sido un recurso local y una técnica ancestral usada para paredes y techos desde tiempos precolombinos, aún se encuentra en Bolivia, Perú, Argentina y Chile. En el lago Titicaca se construyen viviendas y barcas con este material.

En la región ha guardado el nombre de techo “cuyano”, por la forma traslapada que presenta al amarrar las fibras como escobas y colocarlas sobrepuestas sobre varillas de madera como estructura. Esta fibra proporciona ventajas diversas como material de cobertura al ser impermeable, y poseer propiedades térmicas.

En el proyecto se revalorizo y visibilizo su uso, al recuperar la memoria de los propios saberes locales como patrimonio intangible, que hace coherencia con la filosofía del concepto del ‘pueblito artesanal’, es un recurso que se encuentra localmente, y como proyecto social permitió la generación de ingresos para las familias de artesanos participantes. Sin embargo en la primera etapa de construcción un incendio provocado como reacción al manejo político de la administración del proyecto, evidencio la vulnerabilidad mayor, que puso a prueba el retomar este material para la cubierta.

Por prejuicios entre los actores del proyecto se decidió usar una doble cubierta, con la caña de cielo falso, se colocó un material convencional como es la teja de zinc-aluminio ondulada, por la garantía que ofrece para el invierno, pero se optó para aislarla térmica y acústicamente la fibra tradicional con la técnica ancestral: la totora, incrementando costos y respondiendo a la perdida de la memoria ya que no existían personas conocedoras de su instalación.

3.3. Respuesta bioclimática de los materiales

Las condiciones climáticas del lugar, presenta exigencias altas para brindar confort térmico, aunque el proyecto no es de habitación permanente, una de los propósitos era evaluar de forma practica la funcionalidad de los dos sistemas propuestos para cobertura y envoltura, además de las otras variables bioclimáticas que exige un buen diseño, en su momento se desconocían análisis o investigaciones sobre el tema, hoy con referencias, más científicas y con la experiencia se puede identificar el comportamiento térmico de este sistema como la quincha.

En la evaluación de desempeño térmico con un método de análisis científico, Evans, Schiller e Garzón (2012) evalúan que la quincha es un sistema que proporciona condiciones térmicas que responden de forma similar a los sistemas convencionales de construcción sugiriendo que se deben identificar mejoras en los componentes constructivos puede brindar mejores resultados, siendo un potencial como material de construcción.

En el norte de Chile la arquitectura de tierra hace parte de la mitad de las construcciones rurales y aunque el conocimiento técnico sismo resistente se ha perdido por la falta de sistematización, en la cultura rural se conservan exponentes de esta sabiduría popular que requieren investigar, valorar y desarrollar tecnológicamente.

En este proceso de búsqueda por respuestas técnicas existentes, como son las construcciones de tierra y materiales nobles, en Chile han ampliado el espectro de posibilidades para el hábitat sano, más allá de su bajo costo y de la adquisición fácil.

Como estas tecnologías están en proceso de desarrollo, y aunque muchas técnicas se mantienen, no han desaparecido en la memoria por miles de años, demostrando su validez y su conveniencia. Tal es así, que en Caral, ciudad peruana de 5.000 años se encuentra aún en paredes construidas en quincha y fueron inspiración de las primeras culturas de la humanidad.

En Perú, la norma de construcción con tierra recomienda la técnica de quincha prefabricada para todo el territorio, está avalada y debidamente registrada gubernamentalmente, desde el año 1987 se incluyó en las normas, como una técnica con materiales no convencionales.

4. ANALISIS CRÍTICO Y METODOLOGIA POST OCUPACION

Hoy, después de diecisiete años de gestación y de ocho años de construcción y ocupación, la evaluación del Pueblito Artesanal de Horcón analiza diversos tópicos del proyecto ya implementado que con una mirada científica que incluye el impacto ambiental, comenzando por el análisis del ciclo de vida, con énfasis en las acciones, actividades, productos, efectos si como el impacto en los procesos y resultados, incluyendo el cambio en los paradigmas mentales y culturales que este proyecto desato en la región

La metodología de evaluación post ocupación se fundamenta en cuatro categorías.

La primera fue la urbana-rural, visualizando el efecto que género el proyecto en el desarrollo de la trama urbana, la cobertura de este equipamiento cultural y recreativo y una zona precaria y pobre.

El segundo tópico son los aspectos espaciales, físicos y tecnológicos de la recepción del tipo de materiales y su valorización en el lugar.

El tercero es el desempeño ante los factores ambientales sociales y culturales y una última categoría en relación a la gestión, proyección e instrumentos de medición de impacto ambiental, incluyendo la variable social con indicadores cualitativos y cuantitativos.

4.1.Impacto físico espacial

El impacto en los aspectos rurales y de concentración urbana, el lugar de acuerdo al censo del 2012, no ha seguido decreciendo, preocupación que en su momento existía, y este proyecto genero una mayor atracción de turismo. En el año 1992 habían 3.744 personas y en el 2012 según el censo hay 4.252 con una variación inter censal de 12.3 y de 1.251 viviendas que habían en el año 1992, al año 2012 crecieron 2.563 viviendas, evidenciando un crecimiento y desarrollo, un poco más concentrado en lo urbano. La estructura de asentamiento de este lugar tiene el carácter.

4.2. Impacto económico

La experiencia que aún se mantenga el pueblito con una dinámica comercial y sea un real polo de desarrollo, evidencia el éxito de la propuesta y en parte la construcción y el diseño han sido aportes para que esto haya sucedido.

El lugar es conocido nacional e internacionalmente, está en los medios masivos de información y es uno de los centros de atracción más importantes del municipio.

En temas económicos la región sigue creciendo, el nicho de población flotante en temporada es alto y la economía ha sido favorecida por este polo de desarrollo, las cifras para el municipio son positivas y especialmente para la gente local y específicamente para el gremio de los artesanos y de personal que ofrece servicios afines como salud alternativa y temas esotéricos.

4.3 Impacto socio cultural

La construcción y puesta en marcha de este polo cultural, desde hace menos de una década, hoy representa una referencia importante cultural y socialmente para la comunidad local y para los visitantes, aunque funciona por temporadas (por las condiciones climáticas que le hacen poco accesible en invierno), este Pueblito Artesanal ha generado un impacto mayor del esperado, ha sido apropiado por los usuarios y se conserva en su materialidad, a pesar de los pocos recursos que se invierten en su manutención.

El espíritu original de ser un centro social y un sol para el Elqui, lo ha conservado y perpetuado, hoy este es el hito más importante de Horcón, referencia de encuentro, intercambio y proyección humana y expresiva.

La arquitectura y la intervención espacial de los profesionales en un proyecto como este, pueden generar espacios de interacción humana y promover otras formas de relacionamiento que incrementen la relación humana y modifiquen los patrones convencionales, por esto el Pueblito Artesanal de Horcón, es un proyecto demostrativo que parte de la técnica como concepto al recuperar la sabiduría del saber hacer y de la ancestralidad y dentro del imaginario se introyecta para recupera la memoria local, que hoy supera las expectativas y promueve nuevas relaciones humanas de una comunidad con un ambiente que lo hace estéticamente atractivo, armonioso y útil a una sociedad.

5. REFLEXIONES FINALES

El haber elegido la quincha como sistema constructivo con materiales no convencionales tuvo efectos inesperados a nivel estatal y presento muchas dificultades al procurar que fuese aceptada esta propuesta como una inversión gubernamental; fue un proceso complejo.

Todo se inició en el año 1995, con la gestión y diseño, hasta el año 2005 fue construido, demoro una década el trámite para conseguir la aprobación, aceptación y lograr los recursos; pasando por todas las oficinas y escritorios de economistas, ingenieros, administradores públicos que al conocer la técnica como se construiría, inmediatamente creaban un nuevo obstáculo, pero gracias a la persistencia y continuidad del alcalde que lo promovió, respaldado por el conocimiento técnico y la exposiciones permanentes, hoy se demostró desde muchos tópicos, las ventajas económicas, sociales, ambientales, térmicas, técnicas y turísticas de la propuesta y después de 10 años se hizo visible que el principal obstáculo al promover proyectos de este tipo: son los prejuicios y las barreras mentales.

El Proyecto demostrativo del Pueblito Artesanal, ha sido de alto impacto en el cambio de paradigmas, en la zona tuvo efectos porque exalto y revitalizo el uso de materiales naturales y se han incrementado las técnicas de construcción con tierra. Sin embargo sigue un vacío en el desarrollo tecnológico y la disponibilidad de mano de obra especializada y con experiencia.

Un proyecto como el del Pueblito Artesanal, evidencia un desarrollo en la conciencia cultural de la historia Latinoamericana, hoy se están realizando a lo largo y ancho proyectos demostrativos con buenas y malas experiencias constructivas, que exploran alternativas y pertenencia a la realidad y a las condiciones locales.

Se hace necesario seguir promoviendo proyectos demostrativos que revaloricen las técnicas con tierra en este contexto y seguir persistiendo en la reconexión con la memoria local, y aunque el mercado desapruebe y obstaculice estas innovaciones y recuperaciones patrimoniales, esta experiencia evidencio la aceptación y éxito como concepto técnico y arquitectónico.

Sin embargo es importante reflexionar que la transferencia y aplicación tecnológica conlleva no solo aspectos constructivos sino también otro concepto de desarrollo a escala humana y de conciencia ecológica, para evitar impactos nocivos en el ecosistema, y debe estar

respaldado con el conocimiento de la ciencia. Por ello en su momento se realizó la “cartilla técnica y recomendaciones para la construcción de quincha prefabricada / técnica mixta”.

Un aspecto sobresaliente fue la persistencia en la voluntad política de los gestores (alcalde y equipo promotor) que se sobrepuso a las barreras mentales y de intereses. La inversión social se ha revertido y efectivamente ha tenido resultados con la presencia permanente de turistas para la sostenibilidad del proyecto.

Innovar y abrir perspectivas diferentes para promover el desarrollo, ofrece muchas opciones y las tecnologías aplicadas a sectores sociales, como el de los artesanos, ha sido eficiente y creo otra valoración por parte de la sociedad chilena.

Uno de los objetivos al realizar el proyecto fue el económico que con indicadores específicos la propuesta permitió aminorar la pobreza que presenta ese lugar.

A nivel bioclimático los estudios realizados con la quincha en experiencias de viviendas en diversos climas y con amplitud térmica alta y ofrece posibilidades de mejoramiento para la conservación de calor generando un control de ingreso de radiación solar por las paredes y techos, y podría responder mejor con las características aislantes al colocar colores claros en la terminaciones, y al incrementar el espesor de la capa aislante de paredes y techo, así como se usó durante anos, la totora era colocada con unos de 30 cm de espesor y no de 10 cm, como fue instalada, y para aun responder a estas condiciones se debe incorporar una cámara de aire o material aislante en paredes y muros, pudiendo ser doble muro de quincha o algún material aislante (paja con tierra).

Para finalizar el proyecto se tornó un icono de este lugar hoy, un hito de referencia y de inspiración, donde se recrearon objetos con la “torre de acceso” producto del marketing de los artesanos con llaveros, cuadros y otros suvenires, que evocan la construcción, formas y materialidad del Pueblito, denotando la pertinencia, impacto y efecto de una obra arquitectónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Evans, J. M.; Schiller, Silvia; Garzón, Lucía (2012).Desempeño térmico de viviendas construidas con quincha racionalizada en Colombia. *Construcción con tierra*, 5. Buenos Aires: SI-FADU-UBA. 1 CD-ROM

Neves, Celia; Faria, Obede Borges (org) (2011). *Técnicas de construcción con tierra.* Bauru: FEB-UNESP; PROTERRA. Disponible en: www.redproterra.org/

Urriola, Vigo V.; Tejada, Schmith U. (2008). *Manual de quincha pre fabricada para maestros* de obra. Lima: Centro de investigación, documentación y asesoría poblacional CINDAP

Currículo

Lucía Esperanza Garzón, Arquitecta (U. Piloto de Colombia), participante de la Red Proterra. Diseña, construye, investiga y transfiere tecnologías en cursos, diplomados y talleres. Residió y ejerció en Chile durante 1991 y 2001. Gestiona y coordina pedagógicamente diversos programas de formación; promueve diplomados y seminarios internacionales sobre tecnologías sostenibles con tierra, como CONSTRUTIERRA 2006; Un techo pa’todos-2009, entre otros.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN UN PROYECTO DE VIVIENDA SOSTENIBLE CON VARIAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN SUBACHOQUE, COLOMBIA

Lucia Esperanza Garzón

Celular 57 3102450630
luciagarzon@yahoo.com; bioarquitecturatierra@gmail.com

Palabras claves: transferencia tecnológica, valorización e impacto social, evaluación bioclimática.

Resumen

El proyecto Casa Supitina es una experiencia de construcción con tierra de dos viviendas, una principal de 600 m^2 y la de los cuidanderos de 100 m^2, donde se implementaron varias innovaciones tecnológicas. Se inició su construcción en el año 2010 y en el 2012 fueron concluidas las obras demostrativas.

El proyecto está localizado en una zona rural de los Andes colombianos, a 38 km de Bogotá, en Subachoque – Cundinamarca, en un ecosistema de Paramo, a 2.850 m de altitud vía al Tablazo, dentro de las coordenadas 4°56′0″ N, 74°11′0″ W. Este municipio localizado en la sabana de Bogotá posee temperaturas promedio de 13ºC y humedad de 70%.

Se proyectó para responder al entorno natural, con una arquitectura orgánica, usando de manera eficiente los recursos que proporciono el lugar, considerando el patrimonio cultural y material que posee el país en el tema de la arquitectura con tierra, exaltando la maestría expresada en las manos de los artesanos.

1. ANTECEDENTES

El planeta tierra ha llegado a un momento histórico único. La humanidad evoluciona y el avance científico y tecnológico, es responsable del cambio de paradigmas; y *para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras,* como lo plantearon las Naciones Unidas desde 1987; hoy se hace fundamental para los planificadores, arquitectos, ingenieros y urbanistas, reflexionar permanentemente sobre el impacto que causa su intervención en el hábitat. Tópico que necesita ubicarse dentro de las prioridades de las agendas políticas mundiales para el desarrollo e incluirlo con conciencia en acciones concretas a todo nivel, que evidencien esta nueva filosofía de vida.

La arquitectura y la construcción, parte del sector primario y secundario de la economía, consumen muchos recursos naturales y energéticos. Cuando se habla de una arquitectura sostenible es necesario dimensionar las capacidades finitas de los recursos del planeta, pues la responsabilidad está en las acciones y decisiones que se toman sobre esta realidad; dentro de la filosofía del uso racional de los recursos, que respete el medioambiente con responsabilidad ecológica y ética, en un nuevo nivel de conciencia

La economía en la arquitectura y el urbanismo es un factor de gran incidencia en la ecología planetaria, pues desde la industrialización se ha evidenciado el gran impacto que la construcción ha generado; la relación de los agentes desde la extracción, producción, intercambio, distribución y consumo de bienes y servicios, que busca satisfacer las necesidades mediante los recursos disponibles en la sociedad, solo tendrá futuro, si se transforma el modelo de desarrollo para que armonice con el equilibrio integral en el medio ambiente.

La teoría de la “ecología profunda”, que ocupa un nuevo lugar en el siglo XXI, busca recordar la integración de las personas con la naturaleza, previendo que la humanidad podría sufrir la desaparición, si las fuentes de energía se agotan. Por ello la construcción

como motor de las economías mundiales, requiere ser revaluada dentro de los nuevos paradigmas. En consecuencia, el hábitat que estamos deteriorando, evidencia la apremiante necesidad de iniciar cambios trascendentales en el sistema de consumo, para conservar la vida.

Las fuentes de energía que consume la producción de los materiales de la construcción proviene de los combustibles fósiles, con alta emisión de gases contaminantes a la atmósfera y excesivo gasto energético, hecho que se puede revertir con un diseño bioclimático, que optimice los recursos, con materiales de menor consumo energético para garantizar la durabilidad de las obras y aminorar el impacto sobre los recursos naturales que aun poseemos, tales comoagua, aire, tierra y energía.

Concebir un proyecto ecológico y sostenible, sugiere un balance energético adecuado con el medio ambiente y el uso racional de los recursos, al integrar el paisaje, la vegetación, racionalizar el recurso hídrico, optimizar la radiación solar y utilizar los aislamientos para lograr la amortiguación e inercia térmica con los materiales; con estas acciones se incide fundamentalmente en una menor demanda energética del edificio. Actualmente es necesario proteger el cuerpo humano de los nuevos efectos de radiaciones electromagnéticas, situaciones que implican el estudio de los materiales y los efectos en la salud del hábitat.

La concepción del diseño de una vivienda parte de la comunión entre el arte, la ciencia y la técnica, con criterios de funcionalidad que respondan tanto a unos estándares de calidad y confort como a las condiciones ambientales locales y a las necesidades culturales y climáticas, tales como temperatura, humedad, ventilación y movimiento de la calidad del aire.

La construcción ecológica se está transformando en una estrategia para la sustentabilidad y una alternativa de vida sana.

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto Casa Supitina es una construcción diseñada, construida y gerenciada por la arquitecta Lucía Esperanza Garzón, quien convoco, para la realización de esta obra a un equipo profesional multidisciplinario, integrado por ingenieros civiles, de vías, calculistas, ambientales, geo-biólogo, arquitecto paisajista e invito a maestros bovederos mexicanos para la asesoría en la transferencia técnica, entre otras actividades de la obra la cual fue ejecutada entre el año 2010 y abril de 2012 (figuras 1, 2 e 3).

Figura 1 –Casa Supitina – Vista general. Fotografía: Andrés Bermúdez

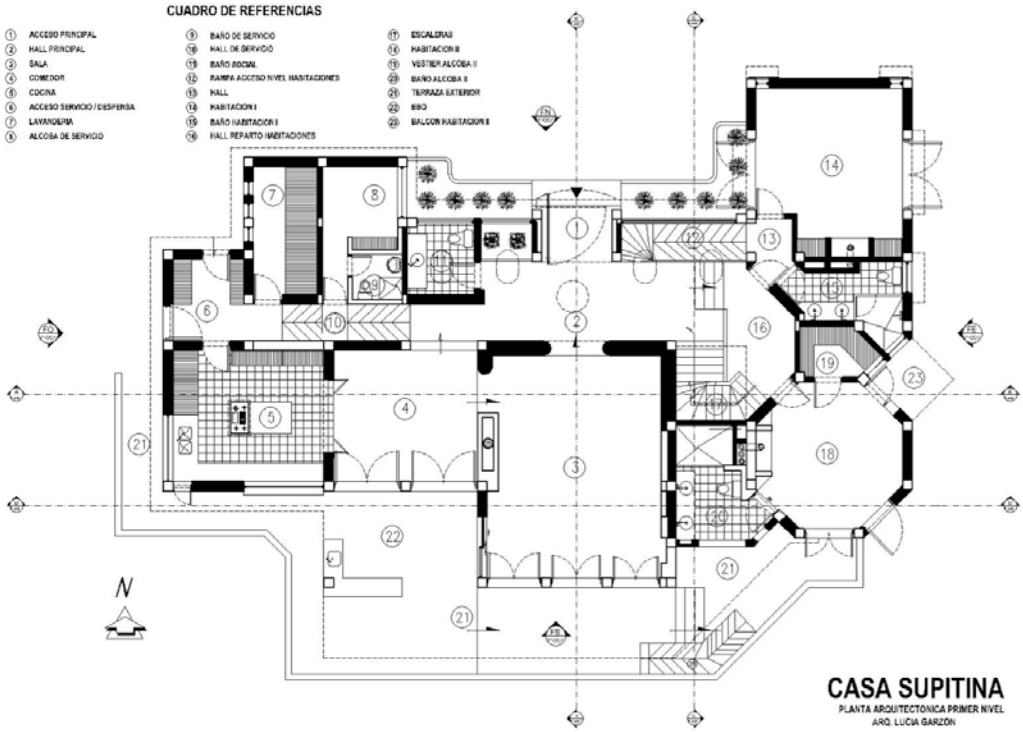


Figura 2. Plano arquitectonico del 1er piso del proyecto

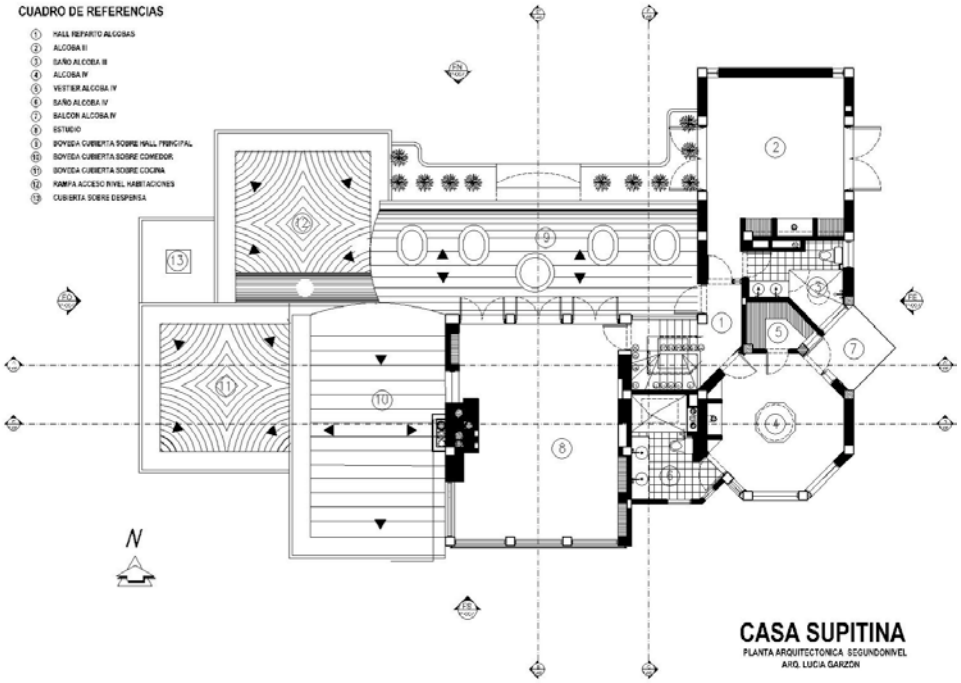


Figura 3. Plano arquitectónico de segundo piso del proyecto

El proyecto está ubicado en la zona rural de la vereda Llanitos de Subachoque – Cundinamarca, en un ecosistema de páramo a 2.850 m de altitud, vía al Tablazo, dentro de las coordenadas 4°56′0″ N, 74°11′0″ W. Localizado en la sabana de Bogotá, zona andina, a 38 km al occidente de la capital colombiana, Bogotá.

La temperatura promedio es de 13ºC; la humedad relativa está entre el 70% y de 80%, y es de alta pluviosidad. Estas determinantes implican que el proyecto de habitación responda a estas condiciones ambientales; fuera de los rangos de confort convencionales

El predio es de seis fanegadas con topografía quebrada de montaña, cultivos de árboles frutales de clima frio. En su paisaje hay algunos reservorios de agua natural, con manchas de bosque nativo de páramo y es en este escenario de diferentes tonos de verde, donde se emplazó el proyecto. Se construyeron dos viviendas: una principal, con dos pisos más un sótano y la casa administrativa (figura 4). En total suman un área construida de 700 m^2. Se desarrolló también una intervención paisajística de una hectárea, con jardines de plantas nativas y ornamentales integradas ambientalmente al tratamiento del agua y del riego.

Figura 4 – Casa Supitina – Vista acceso principal. Fotografía: Andrés Bermúdez

La vivienda principal de 600 m^2 está conformada por un área social en el primer piso con un hall de acceso, sala, comedor, baño social, cocina, BBQ, área de servicios, dormitorio de servicio con baño, lavandería y alacena. Una rampa para discapacitados que da acceso al área privada de dormitorios, hall de reparto y cinco habitaciones, cada una con su baño, además de un amplio estudio. En el sótano se proyectó un salón múltiple, con el bar y la cava de vinos y un espacio de juegos, con un garaje doble y una bodega (figura 5).

Figura 5 – Casa Supitina – Acceso principal y zona social. Fotografía: Andrés Bermúdez

La vivienda administrativa es un prototipo de vivienda de interés social sostenible (VISS) de 100 m^2, se diseñó pensando en el concepto de desarrollo progresivo (figura 6).

Figura 6 – Casa Supitina – Vivienda administrativa en quincha prefabricada.
Fotografía: Andrés Bermúdez

Esta vivienda fue proyectada por coordinación modular con paneles prefabricados de madera aserrada implementando el sistema racionalizado de quincha prefabricada, técnica desarrollada y aprobada en Perú como técnica no convencional desde 1987, y que hace parte de la cultura y sabiduría ancestral de trenzar la caña y usar los materiales locales. Las paredes están constituidas por estructura de madera, trenzado de cañas, revestido con tierra estabilizada con cal y fibras vegetales.

El espacio lo conforman la sala/comedor/cocina, tres dormitorios, un baño con servicios alternos y múltiples, patio de ropas cubierto y un hall de acceso con terraza, diseño basado en las tipologías de la vivienda popular y que brinda un espacio de recibo y amplía el lugar de compartir en familia.

La cubierta está hecha mediante una técnica experimental con estructura de madera, con relleno de carbón vegetal, material que cumple la función de aislación térmica y acústica, absorbe humedad y es liviano, permitiendo un techo medianamente plano que brinda la sensación de liviandad, característica que busca la técnica del bahareque.

El proyecto se propuso como eje filosófico y criterio de diseño: la protección del medio ambiente en un ecosistema rural del páramo.

En los dos proyectos se ejecutaron varias transferencias tecnológicas de arquitectura con tierra y de bajo impacto ambiental.

Dentro de las premisas ecológicas aplicadas están la disminución y racionalización del consumo de los recursos naturales, la búsqueda de la eficiencia energética, el dimensionamiento de los recursos renovables, el estudio de las emisiones que generan los materiales y los componentes constructivos en el hábitat. Y al final, la evaluación del impacto al ecosistema, que se calcula con el nivel de residuos y contaminantes usados. Por ser un proyecto demostrativo, se puede visualizar la obra como un ente vivo, que interactúa con el entorno y el lugar y que continuará como un laboratorio de estudio para ver la calidad en el tiempo y en la post-ocupación.

La idea de responder a factores bioclimáticos y de ahorro de energía, se concretó con el uso de los materiales, por ello el material elegido fue la tierra y los criterios para su aplicación fueron diversos: el primero por la facilidad en la extracción ya que en el lugar se necesitaba realizar movimientos de tierra y el terreno ofreció diversos colores, que fueron separados

desde ese momento, siendo un material de bajo impacto y ninguna toxicidad. En segundo lugar, por las múltiples posibilidades para su transformación como materia prima que se aplicaron en este caso. Se usaron técnicas como la producción de bloques de tierra comprimida o prensada (BTC), tapia pisada (figura 7), bahareque y cubiertas abovedadas con bloques extrusados de tierra cruda. En todos estos procesos no se incrementó el costo del transporte y se disminuyó el gasto energético por este rubro. En tercer lugar este material permitió el reciclaje de los sobrantes y los residuos finales se dispusieron en los rellenos sin causar contaminación atmosférica.

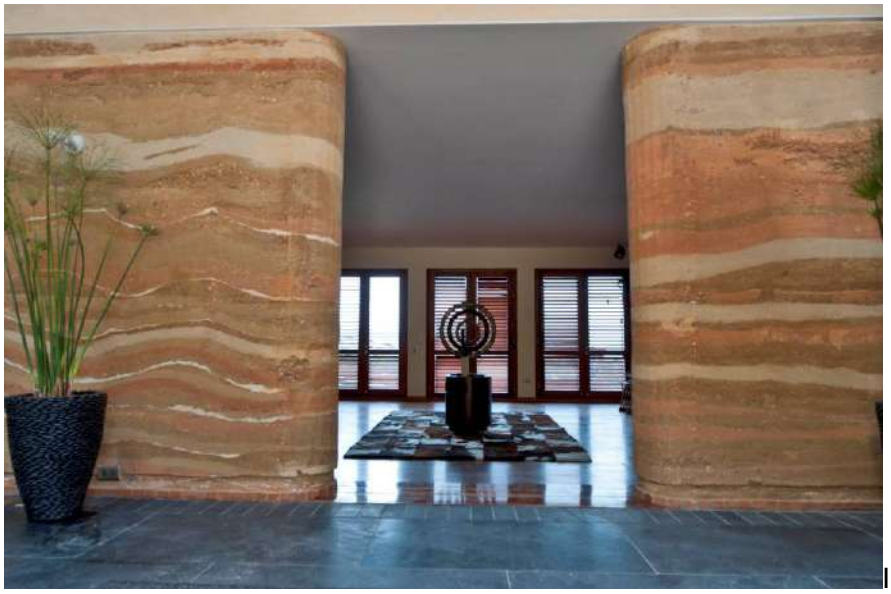


Figura 7 – Casa Supitina – Tapia pisada del acceso principal. Fotografía: Andrés Bermúdez

Reducir el consumo de energía fósil (gasolina o petróleo) fue otro criterio para elegir la tierra del lugar como materia prima, evitando así el transporte del principal material de construcción. Adicionalmente, se usó la cal como cementante, pues son dos materiales compatibles y de larga duración. En el estudio del ciclo de vida de los materiales elegidos, se pudo observar su economía, ecología y menor impacto. Los materiales del proyecto con técnicas de tierra cruda son 80% naturales en su envoltura y cobertura.

Al realizar una medición del consumo energético al final del proyecto se demostró un ahorro del 45% de la energía en relación a lo que consumiría el mismo diseño con sistemas constructivos convencionales, así como también el bajo consumo del recurso hídrico,brindando nuevos indicadores evidentes sobre el impacto y el aprovechamiento racional los recursos .

La importancia de implementar la cal y disminuir el consumo de cemento está en que es un producto más natural que incluso puede reciclarse y en las paredes permite que transpire el aire y se purifique. Si la cal es aérea se endurece al absorber el anhídrido carbónico del aire, brindando en el tiempo mayor durabilidad.

Para Casa Supitina la estabilización de la tierra fue realizada con cal viva debidamente apagada, por ser higiénica, no toxica y antiséptica, ya que evita la propagación de hongos y se la usa para combatir la contaminación del ambiente. Es obtenida por calcinación a 800ºC de la piedra caliza, mientras que el cemento consume el doble de energía.

La cal consume la mitad de energía en su producción, tiene un comportamiento mecánico mejor que el cemento portland, es más flexible y con la gran ventaja de poder reciclarse. Por ello fue el recurso elegido, pues proporciona una excelente calidad, plasticidad, color y maleabilidad en la aplicación.

La cal se adquiere en piedra y llega viva a la obra. Después de ser apagada en agua y procesada, sirve como cementante en argamasas de muros, cubiertas y revestimientos. En las argamasas para la realización de las cubiertas diseñadas con formas orgánicas, y

construidas con la técnica mexicana del *adobito recostado,* que aprovecha la forma estructuralmente y usa diversos tipos de arco (figura 8). Este principio fue aplicado en el diseño de siete tipos de bóvedas dentro de la vivienda principal.

Figura 8 – Casa Supitina – Dormitório com BTC y bóvedas. Fotografía: Andrés Bermúdez

Formalmente el proyecto al diseñarse con el arco como principio de la forma estructural que es auto portante, fue aplicado en todas las coberturas de la obra. Al adoptar la técnica de las bóvedas mexicana o "adobito recostado", brindó otra posibilidad estética y tecnológica, que por la forma, maneja otras proporciones y genera volúmenes diversos, dentro del diseño formal. Con estas formas se propició un muestrario de alternativas para hacer diferentes tipos de bóvedas en Colombia, con luces amplias y sin formaleta, tal como se aprecia en la bóveda de crucería, la bóveda de cañón, las cúpulas semicirculares, las formas gaussas para bóvedas, la imitación de la naturaleza con la bóveda tipo "murciélago" y bóvedas plato; todas, producto del saber hacer de los maestros artesanos, que al aplicar el arco como forma, crea sensaciones espaciales, diversas, generadas con las mismas cubiertas.

El ahorro en este tipo de cubiertas puede llegar a un 40% del costo de los techos convencionales, proporcionando otra estética y más organicidad a los diseños.

3. ANALISIS CRÍTICO

La intención formal, estética y conceptual del proyecto tiene una visión holística del diseño, donde la sostenibilidad, funcionalidad y belleza son evidenciados en la propuesta.

Otros criterios arquitectónicos aplicados fueron la accesibilidad para el desplazamiento y la permanencia de personas con limitaciones de movilidad, a través de rampas y eliminando las barreras físicas, puertas amplias con apoyo de texturas de pisos de superficies regulares, dimensionados con espacios antropométricos, cambios de color, baños espaciosos, y pasamanos entre otros.

La estructura se calculó y construyó cumpliendo con las normas de sismo-resistencia colombianas; de alta exigencia, ya que el proyecto está en una zona de sismicidad media (zona andina), por ello en la vivienda principal se realizaron las columnas y vigas en concreto, y en la vivienda administrativa en estructura de madera. La envoltura exterior se implementó con paredes dobles en tierra, material que ofrece una amortiguación térmica. En la vivienda principal se hizo con paredes dobles en BTC para lograr un mayor confort térmico y acústico, la amplitud y funcionalidad del diseño espacial, fueron empalmadas con la sabiduría ancestral de los maestros artesanos, que al utilizar un material milenario como

la tierra en paredes y cubiertas, combinaron el trabajo manual y la organicidad en las formas.

Los sistemas que implican mayor uso de obreros y artesanos, merecen difundirse como otro aspecto de la ecología humana, debido a que en una obra se generan ingresos por mano de obra y dentro de una economía como la colombiana, la generación de empleo es importante en la equidad y puede responder a las crisis de estos tiempos con una mayor participación dentro de la economía.

En la obra también se minimizaron las necesidades energéticas del edificio con energías renovables mediante paneles de energía solar para el calentamiento de agua; y con sistemas de reciclaje de los residuos sólidos y líquidos, aprovechando en su totalidad las aguas grises, purificando las aguas negras y reutilizando las aguas lluvias mediante tratamientos biológicos, aplicando sistemas naturales tales como los filtros de arena lentos. Aunque la casa principaltiene ocho baños, se están aprovechando la totalidad de estos desechos, sin causar impacto en las aguas subterráneas ni las quebradas del municipio.

Para el procesamiento de las aguas grises residuales, se construyeron dos humedales artificiales que reciclan y surtenel agua tratada y transparente para los sanitarios, haciendo parte del diseño paisajístico e integrándolo como un elemento utilitario y funcional.

Las vías de acceso vehicular fueron construidas con el criterio de disminuir el calentamiento planetario; por eso se hicieron “verdes”, implementando la innovación técnica de las geo-celdas, sistema que brinda estabilidad con una superficie firme que permite pasar vehículos pesados y funcionar permanentemente con tráfico mediano. Debajo se pusieron geo-membranas y se estabilizó el suelo orgánico con material de cantera: gravas filtrantes, que absorben y drenan las aguas lluvias. Se creó así, una base de superficie firme que permite la frecuencia de tráfico, disminuye el impacto visual y armoniza ambientalmente con el césped y se integra al medio natural.

Asimismo se experimentó con estas geo-celdas en el sistema de techos verdes o cubierta verde sobre una bóveda en arco. El techo verde es una alternativa ecológica más del proyecto, un cambio tecnológico que mejora el hábitat al ahorrar el consumo energético, cumpliendo una función biológica que genera vida sobre la cubierta, mimetizándose con el paisaje al integrar vegetación en la cubierta. En esta experiencia fueron sembradas algunas plantas vegetales de tipo medicinal y ornamental. Esta opción de cobertura tiene como ventajas: mejorar la climatización de la vivienda, prolongar la vida del techo, disminuir el efecto de la lluvia, evitar inundaciones, filtrar contaminantes y CO_2, así como metales del agua que cae con la lluvia, crear una barrera acústica y permitir la vida de especies de pájaros, protegiendo así la biodiversidad.

El que una obra, como la Casa Supitina genere a la vez conocimiento, capacitación de personal con técnicas no convencionales, nuevas posibilidades tecnológicas que cambian paradigmas, y presente un producto estético ajustado a la legislación nacional homologando técnicas, hacen de esta experiencia, un recurso investigativo y demostrativo, que con un proyecto innovador, amplía los parámetros y evidencia alternativas sostenibles dentro del contexto cultural de la arquitectura, el diseño y la construcción en el país (figura 9).

Figura 9– Espacialidad de Casa Supitina del baño y el estudio, construido con panetes de cal y arena. Fotografía: Andrés Bermúdez

El proyecto se pensó para responder al entorno natural, con una arquitectura orgánica que usa los materiales con respaldo científico de forma eficiente con los recursos que proporcionó el lugar, y consideró el patrimonio cultural que posee el país en el tema de la arquitectura con tierra y más aún en la maestría de las manos de artesanos, recurso potencial a desarrollar.

4. REFLEXIONES

Las obras con este carácter ecológico y sostenible implican retornar a la memoria del lugar, de los materiales, y de los hacedores; exige escuchar los ciclos naturales en los procesos, y obliga a armonizar el saber hacer de las técnicas constructivas, dentro de una nueva forma de concebir la arquitectura contemporánea, buscando desarrollar tecnológicamente estos recursos, de forma que permita entrar competitivamente en el mercado laboral y el medio profesional, con rendimientos, tiempos, calidades y estándares eficientes y con conciencia ambiental ,que sea coherente con las necesidades actuales.

El proyecto como laboratorio vivo presenta alta eficiencia en términos energéticos y estéticos, con una buena funcionalidad y armonía, al dialogar con las formas y significados de la arquitectura sinuosa de las montañas andinas, acercándose a la feminidad; está emplazado en el terreno dentro de una escala y proporciones que dialogan con el paisaje, con maravillosas visuales, que hacen parte de una experiencia única aportando a la nueva arquitectura ecológica contemporánea colombiana con altos estándares de confort.

El Prototipo generado por Casa Supitina, en la Casa Administrativa (o de los cuidanderos), convirtió la obra en un proyecto demostrativo, cuyo objeto era difundir innovaciones tecnológicas que brindaran un diseño y construcción con una visión ecológica holística, comenzando por la primera fase de producción limpia y continuando con el uso, hasta la explotación de su vida útil y la reincorporación al medio ambiente en su fase final.

Esta vivienda experimental se concibió como un prototipo polivalente y con diversas posibilidades para adaptarla a otros climas y es factible de implementar en otras zonas

urbanas, partiendo de los lotes promedio de 6 metros de ancho x 12 m de largo, tipología característica en Colombia para vivienda social en una ciudad.

El resultado de esta propuesta demostró por los estudios realizados en los análisis de costos, ciclo de vida e impacto ambiental, comportamiento térmico y factibilidad tecnológica es viable para el contexto cultural colombiano, ya que brinda múltiples posibilidades de emplazamiento en uno o dos pisos, es flexible y respetuosa con el entorno, está dentro de precios competitivos del mercado y ofrece como tecnología blanda la participación de la comunidad.

Casa Supitina es una obra de alto estándar dentro de la arquitectura ecológica, con una visión holística, que parte del pasado con mirada futurista, para estos tiempos, porque utiliza materiales procedentes del mismo lugar o de menos de 200 km, que tienen bajo consumo energético durante su proceso de extracción y fabricación.

La tierra fue la principal materia prima, al ser un recurso abundante, de bajo impacto y toxicidad, y que extraída de la misma excavación para la obra, disminuyo el costo de transporte.

Casa Supitina tuvo como principio el diseño sostenible, pues desde el diseño hasta la construcción se planteó para que cumpliera con algunos parámetros sostenibles dentro del análisis del ciclo de vida (ACV), de los materiales y los procedimientos de la obra. Todo bajo la premisa ecológica del bajo consumo de los recursos naturales, racionalizando el uso de la energía y del agua, evaluando las emisiones que podrían generar sus componentes y el impacto al ecosistema, y fue una obra que se produjo de forma limpia, con la posibilidad de ser reincorporada al medio ambiente en su fase final y como propuesta seguirá siendo monitoriada y evaluada.

Es una obra que permite el desarrollo de nuevas investigaciones científicas en diversos tópicos de la arquitectura sostenible.

Currículo

Lucía Esperanza Garzón, Arquitecta (U. Piloto de Colombia), participante de la Red Proterra y miembro del consejo consultivo. Diseña, construye, investiga y transfiere tecnologías en cursos, diplomados y talleres. Residió y ejerció en Chile durante 1991 y 2001. Gestiona y coordina pedagógicamente diversos programas de formación; promueve diplomados y seminarios internacionales sobre tecnologías sostenibles con Tierra, como CONSTRUTIERRA 2006; Un techo pa'todos-2009, entre otros.

ARQUITECTURA EN EL DESIERTO DE ATACAMA

Magdalena Gutiérrez Gutiérrez

Chile
mgarquitierra@yahoo.com

Palabras clave: arquitectura, San Pedro de Atacama, patrimonio, cultura, identidad.

El Desierto de Atacama es el único lugar en Chile donde podemos leer la historia del hombre y la mujer, desde el paleolítico hasta hoy…
(Nuñez, L., comunicación personal).

Resumen

La siguiente ponencia da cuenta del trabajo, reflexiones y experiencias que la arquitecta Magdalena Gutiérrez ha plasmado en las obras construidas en tierra en San Pedro de Atacama.

La descripción histórica y física de dicho contexto da una idea de cuál ha sido el ámbito de su residencia y aprendizajes durante 20 años y al mismo tiempo nos entrega una reseña del desarrollo histórico del pueblo atacameño y su extenso bagaje cultural de más de 11.000 años. Dado el impacto de las principales actividades económicas que se despliegan en la zona, éste se encuentra en situación de fragilidad.

Este escenario de realidades desencontradas representa para la autora desafíos de su mirada en relación con la arquitectura. El pensamiento que da origen a gran parte de su obra, nace de intentar comprender el contexto del cual es parte. Desde esa relación con la realidad, surge el interés por conocer, estudiar y utilizar la identidad constructivade la arquitectura atacameña, y traducirlo en el desarrollo de obras contemporáneas, lo que se ha transformado en un objetivo medular de los trabajos presentados.

Asimilar esta postura como parte del rol del arquitecto, no sólo es vital para potenciar el diálogo y la reflexión en común, sino que pretende generar obras que poseen una pertinencia al lugar y por lo tanto aportan en abrir nuevos espacios en relación a lo vernáculo y lo contemporáneo. Este acto resulta de particular relevancia en un lugar donde la identidad se ha ido degradando en pos de un rápido proceso de modernización y crecimiento.

Es por las razones anteriormente expuestas que las obras que se presentan a continuación han sido ejecutadas con diversos sistemas constructivos en tierra.

1. ANTECEDENTES CONTEXTUALES

1.1. Hitos geográficos

San Pedro de Atacama se ubica en la zona altiplánica del Norte Grande, II Región de Antofagasta, Chile, específicamente en el extremo septentrional de la Cuenca del Salar de Atacama, a una altura de 2.430 m sobre el nivel del mar. El enclave limita al norte y al oriente con la zona de pre-puna, un plano inclinado de pendiente suave que se desarrolla entre los 3.400 m y 2.700 m sobre el nivel del mar (Llagostera, 2004), caracterizado por la gran cantidad de quebradas que conducen las aguas desde las altas cumbres cordilleranas hacia el Salar. En tanto, la Cordillera de la Sal y la Cordillera de Domeyko conforman los hitos geográficos al poniente de la Cuenca.

El poblado se ubica a pocos kilómetros de estos hitos donde confluyen tres países: Bolivia, Chile y Argentina, constituyéndose en un punto importante de paso y de intercambio en el mundo sur-andino. En los alrededores de este asentamiento existen vestigios arquitectónicos y arqueológicos que hablan de la presencia del hombre en trashumancia en las diferentes etapas históricas, antes de la llegada de los españoles. En conjunto con sus 16 ayllus, constituye un ecosistema en medio del desierto más largo y árido del planeta: el Desierto de Atacama.

La zona andina de la región posee un clima desértico, caracterizado por la gran variación de temperatura entre el día y la noche que marcan diferencias de 20°C en promedio, por la baja humedad ambiental (entre 2% y10% durante el día) y por las lluvias estivales que alimentan las cuencas de los ríos, siendo el San Pedro y el Vilama los afluentes principales del sector. La vegetación de baja altura caracteriza este territorio, donde destacan los cactus, arbustos como la cola de zorro y la paja brava. Algarrobos, tamarugos que a través de sus largas raíces se alimentan de las aguas subterráneas, junto a chañares, conforman la vegetación de altura.

1.2. Reseña Histórica

En esta geografía, que poseía mucha más agua que en la actualidad, se instalaron hace 10.000 a 11.000 años A.P. los primeros cazadores recolectores en cuevas, costas lacustres y bordes de río de la zona (Llagostera, 2004).

Luego, un amplio período de sequía marcaría el cambio en la forma de habitar este territorio. Las áreas destinadas a la caza, a la ganadería y a los primeros cultivos se volvieron más acotadas y por lo tanto adquirieron un valor significativo. Hacia el 5.000 A.P., las nuevas condiciones hicieron que los habitantes se vieran obligados a sostener la presencia en esas áreas, generándose los primeros asentamientos que cobijaron varias generaciones de familias (Llagostera, 2004). Dos mil años después se construiría uno de los asentamientos más destacables de este período: la Aldea de Tulor, pueblo de horticultores que acogería en sus construcciones de grandes bloques de barro moldeados “in situ” y techos de maderas nativas, las nuevas funciones que demandaba la ganadería y el acopio de alimentos (Barón, 2005).

Figura1**.** Plano e imágenes de la Aldea de Tulor.

Según esta autora, en el período entre los 300 y 900 años d.C., la cultura Tiahuanaco sometió al pueblo Atacameño, marcando uno de los períodos de mayor evolución cultural para los habitantes de la Cuenca del Salar, generando notables influencias en la vestimenta, trabajo metalúrgico, cerámica y otras. La autora explica que la retirada de esta cultura significó una postura defensiva en la mentalidad atacameña, lo que se plasmó en asentamientos como el Pucará de Quitor, el cual fue construido íntegramente en piedra y barro.

A pesar del cambio en la mentalidad atacameña, la llegada de los Incas no se hizo esperar. 400 años después de la retirada del Tiahuanaco, la creciente demanda por alimentos y la necesidad de sostener la economía incaica, derivó en el sometimiento cultural, económico, social y administrativo del pueblo atacameño. Un ejemplo notable de esta influencia quedó de manifiesto en el poblado de Catarpe, posiblemente un centro estratégico para el Tahuantinsuyo.

En 1540 la invasión de Francisco de Aguirre modificó duramente la forma de vida. El pueblo atacameño pasó a cumplir funciones estratégicas para los españoles, permitiéndoles mantener el control sobre el tránsito en la región. La cultura hispánica generó una dominación total sobre las culturas indígenas. En las extensiones planas del lugar impuso su modelo de ciudad, caracterizado por calles rectas que separan solares en forma de damero. En la construcción de iglesias y viviendas se incorporó el uso del adobe, con gruesos muros que respondían proporcionalmente a la altura de las edificaciones. Se incluyó el uso de arcos de medio punto, dinteles para abrir vanos y se utiliza la madera nativa para elaborar cerchas y entablados de techo.

La arquitectura española está presente en San Pedro de Atacama. Por el contrario, hacia los pueblos del interior, aún se mantienen materiales y recintos de carácter ancestral, donde prima el uso de la piedra, el barro y los corrales circulares.

A pesar del sucesivo proceso de colonización que ha vivido el pueblo atacameño, los ejemplos citados y que persisten hasta el día de hoy son muestra de una cultura que ha ido integrando progresivamente cada influencia. El patrimonio cultural permanece vivo y no sólo porque sus construcciones ancestrales permanezcan en pie, sino principalmente porque la comunidad atacameña es poseedora de una riqueza patrimonial propia de sus habitantes. Ésta se expresa a través del arte rupestre, la cerámica y sus formas de edificar que se han transmitido de generación en generación, acumulando experiencias culturales y tradiciones.

2. SITUACIÓN ACTUAL

"… hemos perdido parte de nuestro ser..."
(Joven atacameño, comunicación personal).

1.3. Identidad y patrimonio

Actualmente se conserva la estructura de asentamiento de los ayllus, en que cada una de estas unidades territoriales intenta mantener su identidad mediante la acción de dirigentes y a través de las decisiones autónomas de sus comunidades, a pesar de convivir con la estructura administrativa y política que impuso el estado chileno. No obstante, las construcciones patrimoniales, tanto en el poblado como en los ayllus, sufren procesos de deterioro, en algunos casos, irreversibles y muchas veces las nuevas construcciones no consideran la cultura ancestral y sus elementos identitarios.

Es por esto que los habitantes tienen distintas perspectivas sobre el proceso actual que se vive. Si bien el turismo les otorga algunas expectativas económicas y algunos de ellos se han integrado a la dinámica laboral del turismo; para los atacameños no es fácil asimilar la invasión de extranjeros y chilenos y sobre todo para los **abuelos**, ha significado tomar la decisión de desvincularse del mundo "exterior", pues ya no se sienten en cierta medida, parte de la realidad económica y social del pueblo. Los jóvenes han emigrado a ciudades como Calama o Antofagasta; trabajan preferentemente en la extracción de litio o cobre, atraídos por la "modernidad" que entregan estas ciudades. Algunos de ellos intentan volver a encontrarse con sus raíces, con la expectativa de sentirse parte de este territorio.

Diversas organizaciones sociales han destinado recursos y esfuerzos para rescatar la cultura. Sin embargo, todo eso puede ser en vano, si no prima un modelo de vida construido a partir de las necesidades propias de la comunidad local, que refuercen sus valores culturales integrando lo vernáculo con lo contemporáneo.

Se puede observar que las actividades comerciales tales como servicios turísticos y otros ocupan preferentemente el casco antiguo de la ciudad; es así que las prácticas culturales tradicionales y otras, se desplazan comúnmente hacia los bordes del poblado. Desde esta perspectiva, no es de extrañar que la pérdida del patrimonio cultural sea un riesgo inminente para el mundo atacameño.

Finalmente los beneficios económicos y el potencial de la industria turística, ha producido un desgaste físico y social que pareciera no tener un término cercano.

2. OBRAS EN TIERRA CRUDA

"La arquitectura no inventa la vida, la arquitectura recoge la vida… "
(Núñez, L., comunicación personal).

Se han escogido cuatro obras de arquitectura en San Pedro de Atacama. Estos trabajos han sido elegidos por su condición de ser representativos del pensamiento de la autora.

- Casa-habitación en ayllu de Solor.
- Hotel Kimal en ayllu Conde Duque.
- Casa-habitación en ayllu de Yaye.
- Casa-habitación en ayllu de Solcor.

Los proyectos y obras de arquitectura que se exponen, plantean una búsqueda a la necesidad de poner en valor el patrimonio constructivo y espacial, existenteen la Cuenca del Salar de Atacama.

La arquitectura que hoy se ejecuta en San Pedro de Atacama, es diversa. Gran parte de las construcciones antiguas permanecen aún en pie y cobijan la vida de los habitantes originarios. ¿Qué tipo de construcciones se podrían ejecutar hoy de un modo armónico con el pasado en este territorio?...

La vida en este lugar ha cambiado profundamente; las construcciones se hacen de modo exógeno, en algunos casos se utilizan materiales de construcción ajenos a este lugar, disfrazándolos de barro, tal vez buscando seguridad, solidez, durabilidad. Pasado y presente se contraponen y no necesariamente se genera una forma de vida más saludable.

2.1. Obras Seleccionadas

2.1.1. Casa-habitación en ayllu de Solor
Familia Toro – Garrido

La primera construcción habitacional realizada en San Pedro de Atacama por la arquitecto, está emplazada en el sector sur del ayllu de Solor, por encargo de una familia proveniente de Santiago. Posee una superficie de 190 m^2 construidos, insertos en un terreno de carácter agrícola de 3,5 hectáreas. Se conservan los antiguos corrales y una vivienda, de modo que dos épocas se manifiestan arquitectónicamente como representativas de modos de vida y técnicas diferentes.

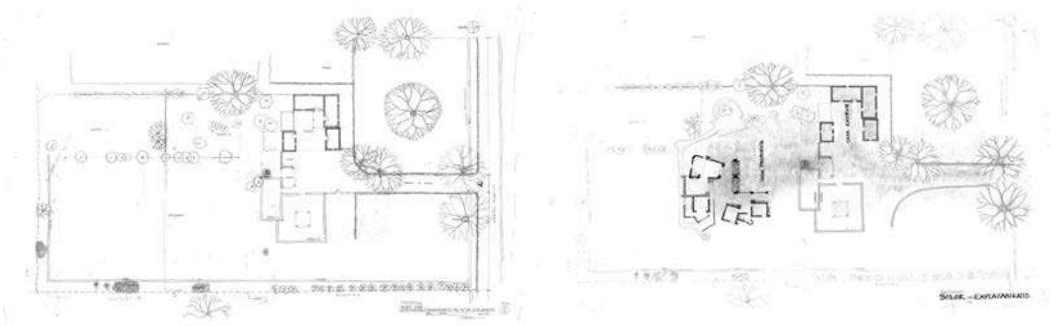


Figura 2. Terreno y plano planta general. (Planos de Autor)

La idea matriz de esta vivienda surge de la reflexión acerca de los conceptos ***orden y caos***, que representan dos formas diferentes de concebir el habitar. Los volúmenes de la casa están distribuidos en forma lúdica y representan el **mundo andino** desde su origen, aparentemente sin un orden específico; sin embargo, es un orden que proviene de la relación de los habitantes con la tierra y el mundo natural. Conformando la antesala de la obra, se ejecutaron cinco pilares de adobe con una estructura interna de madera, que forman un ángulo recto y que expresan el concepto del **orden occidental**.

Esta idea surge de la contraposición de dos órdenes diferentes entre sí: el del mundo andino versus el concepto de orden occidental. La obra arquitectónica presentada, plasma en su diseño esta dicotomía, la que se expresa mediante la conformación y relación entre estos dos pensamientos. Por un lado los volúmenes construidos se ubican sin un orden aparente y, se oponen a la estructura lineal que generan cinco pilares de adobe colocados en forma ortogonal en el acceso. La obra propone que estos dos conceptos se equilibren.

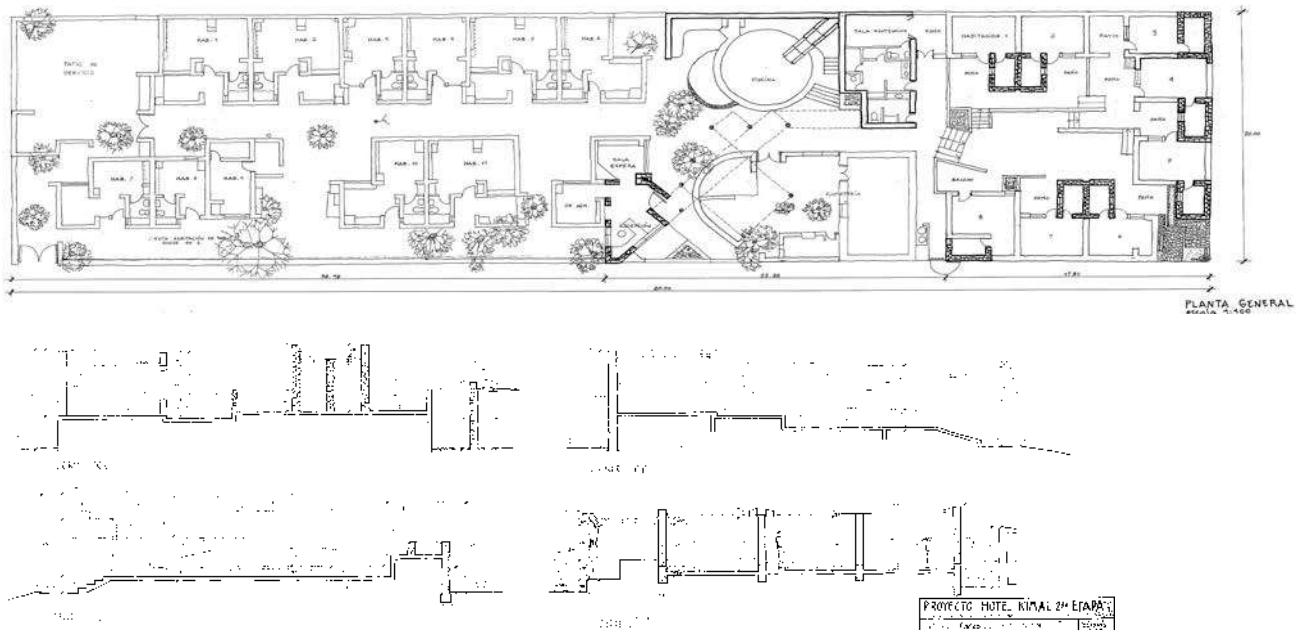
Esta obra está ejecutada principalmente en tierra cruda (muros), madera (vigas, pilares y otros), hormigón (fundaciones y bodegas), piedra volcánica tallada (sobrecimientos, escaleras, revestimiento de muros y otros); se produce entonces una relación de contraste y a la vez de interacción, entre los espacios interiores y exteriores en este intercambio de materiales. Es así que conjugan tanto materiales como técnicas tradicionales y contemporáneas, las que logran establecer una relación armónica entre ellas.

2.1.2. Hotel Kimal en ayllu Conde Duque
Amelia Frank – Fernando Ortega

Está ubicado en un terreno en las calles Caracoles esquina Domingo Atienza, en el borde de la "zona típica" del poblado. Participaron en el diseño arquitectónico como colaboradores otros dos arquitectos, los que aportaron notablemente tanto en el desarrollo del proyecto, como en la ejecución de la obra. Superficie construida: 1.452 m^2 , la que se emplaza en un lote regular de forma longitudinal ,en el que la obra optimiza al máximo la superficie útil del terreno.

Se constituye en el primer hotel construido en tierra cruda en San Pedro de Atacama; busca una pertinencia local a través de los materiales y su relación con la vegetación.La obra se vuelca hacia el interior del terreno, buscando intimidad y quietud. Las 19 habitaciones tienen en común el trabajo con la luz exterior hacia al interior, tanto en las habitaciones como en algunos de los espacios comunes. Esto otorga un valor especial a cada uno de los recintos, que siendo diferentes entre sí, mantienen este contacto regulador de la luz natural exterior.

Su construcción fue ejecutada en dos etapas distintas, con siete años de diferencia (1993 y 2000); esto genera una dualidad sutil entre ambas etapas: la primera de un carácter sobrio enteramente ejecutada en barro (muros, muretes, asientos y cubiertas) y formalmente longitudinal. En la segunda etapa se incorpora además la piedra en los baños, en muros de contención, pavimentos y otros, manteniendo el adobe como elemento principal, potenciando los desniveles propios del terreno y distribuyendo de una forma más libre las habitaciones.



Figuras 3 y 4. Planta y elevaciones generales (Plano del Autor)

En la 2ª etapa se ejecuta una pequeña piscina con una cascada de agua la que se desliza sobre un mosaico, y una terraza en segundo nivel, las que logran en su conjunto generar una sensación de amplitud visual y de contacto con la naturaleza circundante.

Una parte importante del hotel está ejecutado bajo el nivel de la calle, lo cual ha significado una dificultad para la evacuación de las aguas lluvias, sobre todo cuando éstas son demasiado abundantes.

Las obras en tierra cruda requieren de una mantención frecuente, lo que no siempre ha sido posible realizar oportunamente. A través del tiempo transcurrido desde la ejecución de esta obra, las lluvias han ido en aumento tanto en su caudal, como en su frecuencia; esto ha generado erosión en los muros y cubiertas generando algunos problemas funcionales.

2.1.3. Casa-habitación en ayllu de Yaye
Fernando Ortega

El terreno de 2 ha ubicado en el ayllu de Yaye, posee una amplia vista de dos cordilleras: Los Andes y Domeyko. La obra que se realiza tendrá en su desarrollo final 352 m^2. Se han construido 242 m^2 y actualmente se encuentra en proceso de ejecución la superficie restante.

El dueño de esta obra es originario de este lugar y se ha involucrado activamente, tanto en las decisiones proyectuales, como en el proceso de ejecución.

La vivienda posee una estructura espacial que rememora la organización de la “casa hispánica”, es decir volúmenes que circundan un patio interior, junto con un corredor, en el que cotidianamente se reúne la familia. En este caso, en el diseño arquitectónico, prevalecen los muros curvos con el fin de generar ambientes amables para la numerosa cantidad de personas que la conforman. El material utilizado predominantemente es tierra cruda en técnica de tapial y adobe. Estos dos modos de construir con barro fueron profusamente utilizados anteriormente en esta zona.

Dado que este modo de construir no se utiliza actualmente en la ejecución de obras, el equipo de trabajo no poseía una experiencia previa en esta materia. Tomando en consideración que existen casas antiguas ejecutadas en tapial aún en pie que dan cuenta de su solidez, durabilidad y persistencia en el tiempo, la arquitecto proyectista tomó la decisión de asumir el encargo, a pesar de poseer sólo conocimientos teóricos de esta técnica en particular.

Es por esta razón que se realizaron numerosas pruebas en terreno, hasta encontrar la mezcla adecuada. A partir de la situación antes expuesta, se tomaron todas las precauciones posibles para resguardar la estabilidad de la obra. Si bien es cierto, el procedimiento de la técnica del tapial se realiza habitualmente colocando moldajes, introduciendo la masa de tierra, piedras de diferentes tamaños, paja y otros por capas sucesivas, apisonándolas adecuadamente, en este caso en particular se colocaron además rollizos de madera en su interior en posición vertical, con el fin de lograr una mejor cohesión entre las capas horizontales de la mezcla.

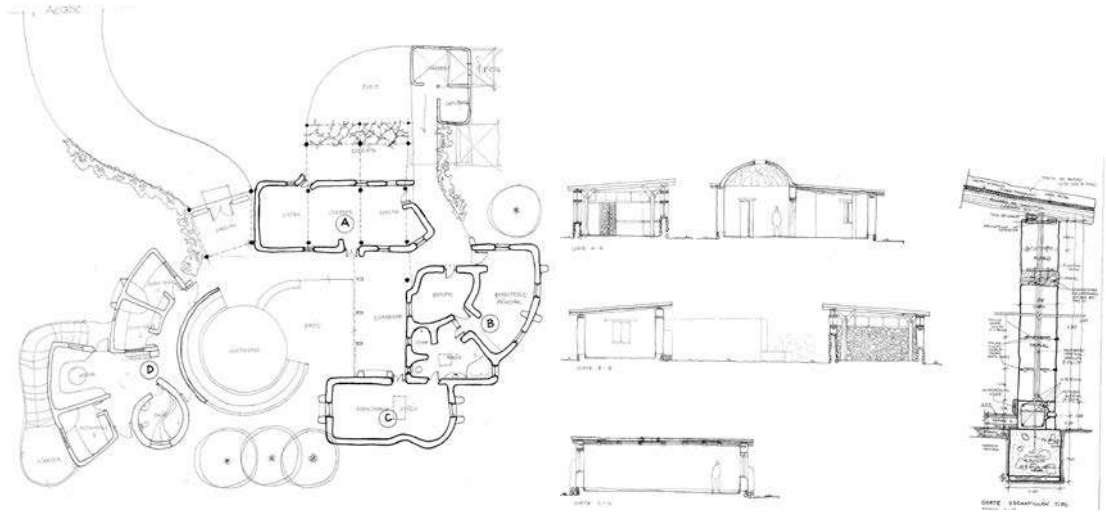


Figura 5. Planimetría vivienda (Planos de Autor)

Figura 6. Moldajes tapiales, acceso principal, detalle cúpula. (Fotografías del autor).

2.1.4. Casa-habitación en ayllu de Solcor
Magdalena Gutiérrez (arquitecto)

En un terreno de 0,75 ha que originalmente fue de uso agrícola, la vivienda que se presenta se emplaza en un lote de 0,14 ha con una superficie de 110 m^2 construidos. En 1997, año en el que el arquitecto se radica en esta localidad definitivamente, inicia la construcción de su casa-habitación en tierra cruda.

En este tiempo se han construido once viviendas más, las que pertenecen a otros propietarios y que conforman un todo relativamente homogéneo que permite potenciar una convivencia amable y solidaria. Se conservan algunos sectores de vegetación originales en los espacios no construidos.

La vivienda que se expone se ha ido ejecutando paulatinamente a medida de las necesidades de la habitante. Varios volúmenes rodean un espacio exterior asentándose y complementando el diario vivir. Éstos han ido surgiendo a través del tiempo lo que ha dado como resultado una diversidad desde el punto de vista formal. Asimismo cada una de estas unidades ha significado un aprendizaje relacionado con aspectos arquitectónicos, constructivos, climáticos y una forma propia de vivir los espacios. Esto permite un contacto cotidiano con la naturaleza, siendo el volcán Licancabur la constante que acompaña el habitar en este territorio.

Los volúmenes que conforman esta vivienda están ejecutados predominantemente en tierra cruda, piedras de diversos tipos existentes en los alrededores, maderas nativas y recicladas, cañas y otras fibras en su estado natural.

En muros (30 cm): mampostería simple con adobes colocados de soga.

En machones (80 cm): mampostería compuesta colocados como soportes estructurales, los que van desde 40 cm a 80 cm y que comúnmente funcionan como parte del mobiliario.

En relación a los estucos se realizaron variadas pruebas incorporando a la tierra de grano fino, arenas de diferente granulometría y orígenes, paja de trigo de distintas longitudes y cantidades, cal, cola fría, cementos, tinturas de color, gel de hoja de tuna y otros similares. Se puede observar que las diferentes calidades de estucos realizados en la obra, tienen una gama amplia de texturas y tonalidades, calidades y durabilidad en el tiempo.

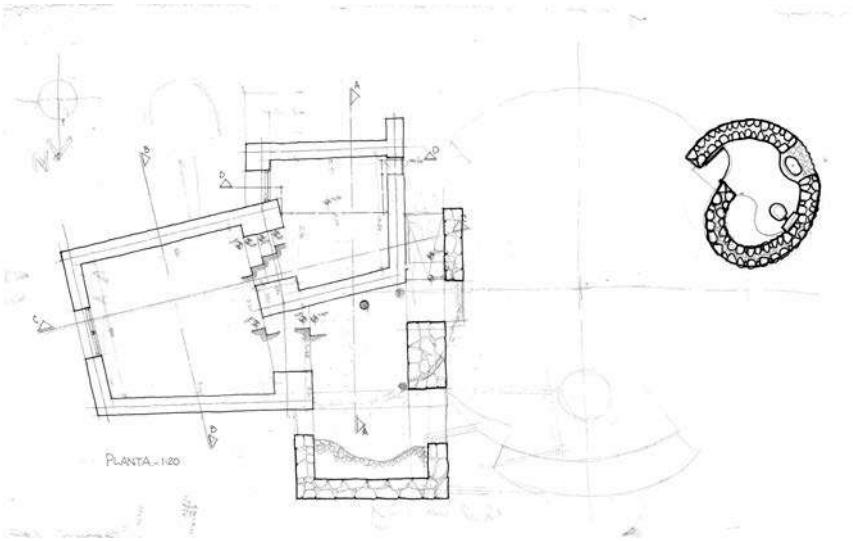


Figura 7. Planta general (Dibujo del Autor)

Figura 8. Volúmenes principales, cocina–comedor espacio abierto con sombra (Fotografías de Autor)

Se podría denominar a esta vivienda como un “laboratorio arquitectónico-constructivo”, dado que voluntariamente se ejecutan espacios innovadores y desafiantes en la línea estructural, aventurando nuevas posibilidades. Como ejemplos están: los vanos en muros los que son en algunos casos superiores en sus dimensiones y cercanía entre ellas que las usuales. También se ejecutó una ventana de esquina al nor-este del taller volcada hacia el interior para lo cual se tomaron todos los resguardos del caso.

Se desarrollan frecuentemente en este lugar, numerosas actividades comunitarias tales como: reuniones de la organización *Patrimonio Vivo* (desde hace seis años), talleres con la participación de abuelos, niños y jóvenes, los que a su vez colaboran permanentemente en la elaboración y la continuidad de estas actividades. En este contexto, en el año 2012 se inicia la construcción de un espacio semi-abierto que se constituirá en el futuro, en un laboratorio de experimentación en tierra cruda, generando el traspaso e intercambio de experiencias en este tipo de construcción.

3. EL ARQUITECTO: Vinculación entre pasado y presente en San Pedro de Atacama.

Los profundos cambios que día a día viven los habitantes de esta localidad, se ven reflejados en una creciente transformación de la arquitectura, de la imagen urbana y en un cambio muchas veces irreversible, en este territorio. Las nuevas construcciones en general no consideran la cultura ancestral y sus elementos de identidad, lo que ha provocado una situación de desconcierto en la población. Este fenómeno nos sitúa en un escenario en el que aparece como impostergable la necesidad de participar de un modo consciente y consistente en el ámbito del patrimonio cultural de este territorio.

El trabajo aquí presentado, hace referencia directa a indagar en el conocimiento acumulado en el pasado y las expresiones arquitectónicas contemporáneas. Es decir, se plantea cómo

la labor de un arquitecto puede adecuar las técnicas constructivas. Igualmente destacar el rol de ciudadano del arquitecto, quien al ser partícipe del lugar en el que se inserta, puede potenciar espacios de encuentro en torno a la construcción en tierra y generar instancias para difundir este conocimiento.

Es así que el rol del arquitecto no es conservador ni pasivo, sino revitalizador y activo. El rescate de los saberes constructivos, no se refiere al congelamiento de técnicas y modos de vida, sino a una lectura profunda de aquello que ha perdurado en el tiempo y que hoy es legible en las huellas, en la memoria y en las prácticas cotidianas de los habitantes. La tarea del arquitecto implica entonces una comprensión del contexto socio-cultural en el que interviene.

En cuanto a la cultura local, ésta se entiende como la capacidad de los habitantes de generar una forma de vida particular y persistente en el tiempo, adaptándose a un territorio y a un clima específico, siendo fundamental en ello la mantención de oficios y tradiciones. En este punto, el trabajo del arquitecto es de gran importancia para la visualización de los valores arquitectónicos a partir del diálogo entre pasado y presente, entre lo vernáculo y lo contemporáneo.

En este sentido, para los habitantes del territorio involucrados en este complejo proceso, es primordial reflexionar acerca de *propuestas y acciones para el desarrollo local*. Considerando que por una parte existe un saber popular, en muchas ocasiones vinculado a un saber ancestral, y por otra parte un saber profesional que se fundamenta en la investigación y en la experimentación sería posible elaborar en conjunto una mirada integral desde este territorio.

A partir de este diálogo con lo preexistente, podemos comprender de mejor manera las obras de arquitectura aquí presentadas. Su materialidad refleja las condiciones geográficas y climáticas del lugar; el corte y trabazón de los adobes es expresión del trabajo colectivo que les dio origen; los espacios para el descanso, la comida y el encuentro nos hablan de una cultura y de un modo particular de habitar.

Las obras expuestas proponen un modo de hacer arquitectura que va más allá del desarrollo de una idea, de un proyecto o de una construcción en particular. Aprender a leer los elementos ya construidos, los espacios habitados y los modos de vida, ha significado un aprendizaje constante y una reconsideración del rol del arquitecto en los procesos de construcción y reconstrucción del hábitat en el Desierto de Atacama.

4. REFLEXIONES FINALES

El espacio habitado que cobija por miles de años a los habitantes de este territorio, se caracteriza por su vastedad, su carácter predominantemente desértico, la variedad de sus pisos ecológicos, su atmósfera luminosa. Los volcanes, lagunas y bofedales de altura, quebradas y cañones, oasis y salares, son algunos de los elementos que conforman el escenario natural de la vida en Atacama. Dadas estas condiciones, habitar en este lugar, convoca e impulsa a la elaboración de obras arquitectónicas vinculadas con este territorio, donde existe una cultura ancestral que se relaciona fuertemente con los elementos de la naturaleza.

Históricamente las construcciones han sido elaboradas con materiales del lugar: tierra cruda, fibras vegetales, maderas nativas y diferentes tipos de piedra. Es así que se da forma a una identidad constructiva propia y persistente en el tiempo. Estas obras han cobijado la vida por miles de años en medio del desierto más árido del mundo.

En la actualidad se construyen viviendas y otras obras que revelan un cambio profundo, tanto en las técnicas que se utilizan, como en el modo de relacionarse con el entorno. En los últimos 20 años se puede observar un proceso cultural que pone en relieve la dicotomía existente entre lo contemporáneo y lo vernáculo.

Las obras son fruto del aprendizaje a través de observaciones y experiencias en el lugar, que proponen una pertinencia tanto con la identidad cultural, como con la naturaleza propia del oasis inmerso en el desierto.

Se entiende la arquitectura como la expresión viva y visible de todo proceso cultural; las propuestas que surgen intentan una continuidad entre **pasado y presente**. Se atestigua además, que los pueblos andinos de esta región han dejado una valiosa herencia creativa ligada a la construcción; esto se constituye en un valioso aporte en la gestación de nuevas obras.

Si bien es cierto, la arquitectura es el reflejo tangible del pensamiento y la sensibilidad de los autores, es importante considerar y fortalecer los lazos de generaciones y sabidurías ancestrales. De este modo será posible recuperar una **arquitectura contemporánea con identidad cultural**, es decir, de carácter patrimonial.

> *"…somos memoria y nada somos sin ella…es una forma de ser y estar en el mundo, en él nos asentamos para identificarnos, para saber quiénes somos y quienes no somos…".*
> (Texto de Somos Patrimonio, C.A.B., Bogotá, Colombia, 1999*).*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barón, A. (2005). Huellas en el desierto. Patrimonio Cultural en la zona del Proyecto Alma. Santiago: Printas S.A. impresiones.

Llagostera, A. (2004). Los antiguos habitantes del Salar de Atacama: Prehistoria Atacameña. Santiago: Pehuén Editores.

Somos Patrimonio (1999). Somos Patrimonio / C.A.B., Bogotá, Colombia.

Currículo

Magdalena Gutiérrez Gutiérrez (1934), boliviana residente en Chile desde 1940. Título universitario Arquitecto Universidad de Chile (1976), RUT 3.357.906-3. Residencia ayllu de Solcor, San Pedro de Atacama. Experiencia académica FAU 1985- 1988, UCN 1989 -1998. Desde 2012 actividad profesional en San Pedro de Atacama 2.692 m^2 construidos. Actividades comunitarias 2004-2013. Premio Convenio Andrés Bello 2006. Premio Consejo Monumentos Nacionales Patrimonio 2012.

NUEVA GOURNA (1945-47). UN EJEMPLO ACTUAL DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Javier Parra Rodríguez

Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencias, España. javierparrarodriguez@gmail.com

Palabras claves: Hassan Fathy, contemporaneidad, patrimonio, adobe, arquitectura bioclimática, habitabilidad básica.

Resumen

Hassan Fathy en los años 60, con su libro “Arquitectura para los pobres”, contribuyó a la formulación de las bases teóricas sobre habitabilidad básica en los años del nacimiento de las primeras hipótesis sobre cooperación al desarrollo. El Proyecto realiza una aproximación desde la escala más grande, hasta llegar al detalle de la construcción con bloque de adobe, de manera integral. El presente texto aborda éste proyecto paradigmático del arquitecto egipcio desde los tres vértices que acompañan toda su obra: las personas, el sol y la tierra. Mediante un análisis gráfico que apoya la investigación, se puede ver lo que estos tres elementos representan. El primero, las tradiciones culturales, religiosas y sociales, y la implicación de los habitantes del lugar. El segundo, ayuda a entender cómo protegerse y proteger el medio natural característico del Medio Egipto. Y en tercer lugar, habla de la utilización de la materia prima local, la tierra del Valle del Nilo, para crear una nueva arquitectura contemporánea que hoy en día no deja de ser un paradigma de la arquitectura actual. Estos tres vértices han de estar orientados a conseguir como fin último combatir el hambre de vivienda de los más necesitados, el sector informal de la sociedad.

1. INTRODUCCIÓN. HASSAN FATHY, EL MUNDO RURAL EGIPCIO. DOS REALIDADES EN UN MISMO PAISAJE

La presente comunicación tiene como objetivo el estudio de Nueva Gourna, un pueblo situado junto a Luxor, al pie del Valle de los reyes (Latitud: 25°42'56.71"N; Longitud: 32°37'25.24"E). La importancia de esta investigación radica en un doble motivo. En primer lugar, contribuye a la comprensión de su autor, Hassan Fathy, quien con esta obra y otras muchas, mostró una preocupación constante por el problema habitacional en zonas económicamente deprimidas y la utilización de la tierra como el material de construcción pertinente. La segunda es la relevancia de esta tarea emprendida por Fathy: según datos ofrecidos por la ONU, durante el pasado siglo el número de campesinos condenados a una muerte prematura debido a la falta de acceso a una vivienda adecuada ascendía hasta 800.000.000, una cifra que supone un tercio sobre el total de la población mundial.

Hassan Fathy nació en Alejandría en 1900. Creció en El Cairo, en el seno de una familia acomodada del Bajo Egipto. Su infancia transcurrió entre esta ciudad y su ciudad natal donde acudía a pasar las vacaciones. Según el propio arquitecto, a través de estos viajes experimentaba dos visiones complementarias de la vida en el campo y que identificaba en cada uno de sus padres (Fathy, 1973). La visión paterna correspondía a una visión distante e incómoda. La visión materna, en cambio, correspondía a una experiencia directa del campo, donde pasó parte de su infancia y a donde regresó en los últimos años de su vida. Fue ella quien le contó los recuerdos más hermosos. Fathy aprendió así que los campesinos conseguían todo lo que tenían solamente a través de lo que cultivaban y de la ganadería que poseían. Estas dos visiones contrapuestas llevaron a Hassan Fathy a querer abordar, como él mismo denominó, la reconstrucción del mundo rural egipcio mediante la utilización de la tierra como materia prima.

2. EL CASO DE NUEVA GOURNA (1945-1947)

2.1. La nueva arquitectura desde el sedimento del lugar

2.1.1 Origen

En el año 1941 Hassan Fathy, ya como arquitecto, se suma a una excursión con estudiantes y profesores de la Escuela de Bellas Artes a la presa de Aswan. En la proximidad de la presa, como describe en el libro "Arquitectura para los pobre", descubre la riqueza patrimonial del pueblo Nubio. En la proximidad de Aswan conoce el Monasterio Copto de San Simeón, donde la utilización de adobes para paredes, bóvedas y cúpulas sorprende al arquitecto por sus dimensiones y resistencia. De vuelta a El Cairo, la visita los lleva a Luxor, donde descubre los graneros del Templo de Rameseum, de más de 3.000 años de antigüedad y cubiertos por bóvedas nubias hechas con bloques de adobe. Estas evidencias, junto a otras encontradas en el Cementerio de Giza, reforzaron la idea de Hassan Fathy de la viabilidad del adobe como material constructivo óptimo en las edificaciones en Egipto.

En los primeros encargos profesionales del arquitecto puso a prueba estas técnicas constructivas, donde pronto pudo constatar la reducción del coste y mano obra. Estos trabajos fueron conocidos por el Departamento de Antigüedades, que se encontraba a la busca de un proyecto que diera respuesta a un problema muy complejo que tenían en el antiguo Valle de los Reyes.

2.1.2. Objetivo. De nido de ladrones a ejemplo del desarrollo rural egipcio

El Departamento de Antigüedades buscaba desalojar de la manera más rápida posible a los saqueadores que durante años habían estado expoliando el patrimonio cultural tangible de Egipto. La zona donde pensaron intervenir en un primer momento era el pueblo de Gourna, situado sobre el antiguo cementerio de Thebas, antigua ciudad de la época de los faraones que se encontraba entre el Valle de los Reyes, el Valle de las Reinas y el Cementerio de los Nobles. Para este objetivo, optaron por la estrategia de realojar a todo el pueblo de Gourna, que albergaba casi un total de 7.000 personas repartidas de forma desorganizada en la ladera de la montaña. Un pueblo dividido por badanas, o barrios formados por una misma familia y dirigidos por un patriarca. En seguida Hassan Fathy entendió que, además de por el presupuesto inicial con el que contaba, el material con el que había estado trabajando resultaba la solución que nacía del propio lugar. Por su bajo coste, la propuesta de Hassan Fathy se convertía en la única posible: el presupuesto con el que se contaba era algo menos de de 1.000.000 Libras Egipcias (L.E.) de la época, ahora convertibles a 169.200 dólares.

La elección del sitio se realizó por parte de los técnicos y representantes de los clanes. Se eligió una parcela de cultivo a los pies de la vieja Gourna. Su extensión era de 230.000 m^2 y se situaba junto a la carretera principal, en la encrucijada del paso de una antigua vía ferroviaria. El terreno contaba con un sistema de acequias y canales que recogían el agua rápidamente, lo que mantenía la parcela seca y resultaba una protección frente a posibles crecidas puntuales del Nilo.

Desde un principio Hassan Fathy comprendió que el problema que tenía delante no era solo una cuestión de desplazamiento de las familias a un nuevo lugar. El realojo propuesto debía comprender muy bien la cultura local y las necesidades de un pueblo que debería cambiar también sus actividades productivas. Un nuevo lugar que debía ser el contexto de una cultura ya forjada y albergar todos los equipamientos y servicios fundamentales que ocupaban. Hassan Fathy realiza un ejercicio de rescate no sólo de la tradición constructiva, sino también de la manera de vivir de los habitantes de la zona y las costumbres entorno al ámbito domestico. Rehúye las soluciones estandarizadas y repetitivas para dar respuesta a un programa de vivienda tan amplio. Llega a nombrar que presentó más de 200 tipologías diferentes de viviendas para las 1.000 familias que finalmente se iban a desplazar. La ordenación propuesta, así como todo el proceso dependía de la correcta relación entre lo que Hassan Fathy denominó "la trinidad: Gournianos – Artesanos – Arquitectos" (Fathy, 1973, p.63)

2.2. Tierra, agua, fuego, aire y el quinto elemento, las personas

2.2.1. Bioclimatismo de bajo costo

Todas las personas, viven inmersas en un ambiente, y éste está formado por muchos elementos que interactúan y producen determinadas sensaciones en el ser humano. Como dice Fariña (2001), si la pregunta es que entre qué valores de los principales elementos climáticos el ser humano se encuentra en una situación confortable, hallaremos así la Zona de Confort. Para ello los expertos han elegido dos variables: humedad relativa y temperatura. Éste límite de Zona de Confort, según las normas europeas se puede establecer con el criterio de Givoni:

-Temperatura termómetro seco: 21-26ºC (zona permisible entre 20–27ºC)

-Humedad Relativa: 20-75% (zona permisible hasta 80%)

Hay que tener en cuenta las variaciones anuales, donde la radiación y las temperaturas se desarrollan también en paralelo. Existe un desfase debido a la inercia térmica. Este ciclo anual presenta perturbaciones debidas a la latitud, la geografía y movimiento del aire. Este efecto también se puede observar si medimos los valores a lo largo de un día. Vale la pena indicar cómo varían estos valores con la existencia o no de vegetación, ya que existe una mayor pérdida de calor debido a la evapotranspiración. Los bosques amortiguan las variables térmicas, al ofrecer una mayor protección a la radiación solar y reducir la velocidad del viento, que dificulta la transmisión de calor por convección.

Según De Luxan (1997), el climograma de Givoni (Figura 1) permite analizar las condiciones interiores de las edificaciones. Para ello se debe disponer de los datos específicos para cada uno de los meses del año de Nueva Gourna (Latitud: 25°42’56.71”N; Lonfitud: 32°37’25.24”E).

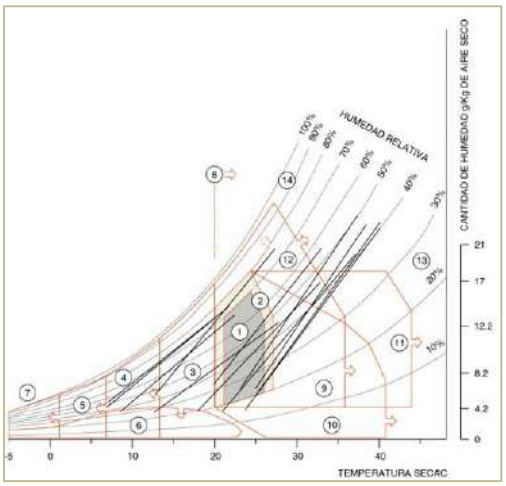


Figura 1. Climograma de Givoni para Nueva Gourna. Por Javier Parra.

2.2.2. Metodología

Según Fathy (1986), habla de la necesidad de crear un diseño arquitectónico que busque un equilibrio entre el lugar donde se habita y el microclima confortable en el que se quiere vivir. Se puede reducir estos mecanismos a los cuatro elementos que forman parte de la tierra. Y como la arquitectura sin las personas no tiene sentido, se añade el quinto elemento.

TIERRA Y AGUA:

Se ha agrupado en uno estos dos elementos al ser el origen del adobe, pieza que se convirtió en la pieza clave de este proyecto. En esta decisión se albergaba la idea de que un único material lo resolviera todo, desde los cerramientos verticales hasta los techos. Debido a que la pieza de adobe trabaja únicamente con esfuerzos a compresión (40 MPa), la geometría y su dimensión ha de resolver la correcta transmisión de las cargas, para que la estructura se encuentre en equilibrio estable.

El adobe propuesto por el arquitecto es de 23 cm x11 cm x 7 cm. Está compuesta por tierra arcillosa y limos, arena, paja y agua. La dosificación propuesta fue de 1 m^3 de tierra por cada 0,3 m^3 de arena y 20 kg de paja, que junta con el agua necesaria. Se deja fermentar la mezcla durante 48 horas y tras añadirle de nuevo un poco de agua se introducen en los moldes sobre una superficie plana, se desmolda y dejarlos secar durante seis días hasta poder almacenarlos en otro lugar para que sigan el proceso de secado. Con la cantidad indicada se pueden obtener un total de 660 adobe (en 2 horas y media, mediante un equipo formado por dos encargados de los adobes y dos de conseguir los materiales). La construcción de las paredes siempre se debía hacer sobre mampostería de piedra (sobrecimentación) para aislar las paredes de tierra cruda de la humedad del terreno. Y en cuanto a las soluciones de cubierta, siempre se protegían con una mezcla de tierras bituminosas que impermeabilizaba de las escasas lluvias que se dan en la zona. Contando todos los cerramientos y cubierta, una casa necesitaba de 100 m^3 a 150 m^3 de tierra para poderse levantar.

FUEGO:

El fuego lo asimilamos al Sol. La cultura egipcia no se puede explicar sin su relación con el astro que marca los ciclos de la noche y el día. Gracias al estudio mediante cartas solares, se puede llegar a conocer exactamente el recorrido del sol durante todo el año en el caso concreto de Nueva Gourna (Latitud: 25°42'56.71"N / Longitud: 32°37'25.24"E).

	Altitud	Azimut
Solsticio de invierno	40,84º	180.98º
Solsticio de verano	87,72º	177.74º

AIRE:

Este elemento resulta fundamental como mecanismo para mejorar las sensaciones térmicas. Estos parámetros en los que el viento (aire) influye son: temperatura del aire, la convección, la humedad del aire y el movimiento del aire. En primer lugar hay que definir la dirección del viento existente en la zona, situación que Hassan Fathy indicaba permanentemente en sus planos. Pero este viento se puede manipular de cierta manera para beneficiar las posibles refrigeraciones del ambiente mediante el movimiento del aire al crear diferencias de presiones entre dos ambientes.

PERSONAS:

Para Hassan Fathy, Nueva Gourna fue un manifiesto donde expresar las necesidades de la mayoría de los habitantes de su país: los campesinos. Y dentro de este sector, los sin techo, que suponían el 27% de la población de Egipto en el año 45. El caso que a tratar tenía un grado de complejidad más: el proyecto demandado por el Departamento de Antigüedades del estado egipcio era un realojo de más de 5.000 habitantes que se encontraban sobre las tumbas del Valle de los Reyes, frente a la ciudad de Luxor. Estamos hablando de unas 10.000 nuevas viviendas que debían de disponer de sus nuevos servicios públicos y equipamientos.

Desde un inicio, se sumergió en las necesidades propias de los campesinos, desde las soluciones que debía albergar los espacios para el ganado, el almacenamiento del forraje, la gestión del estiércol, un espacio seguro para el combustible, un lugar para los cultivos domésticos, alimentos y los apeos de labranza y artículos personales. Siempre desde la referencia de sus antiguas casas y su manera de organizarse el espacio según sus hábitos y cultura tradicional. Por lo que no sólo la nueva ciudad debía estar pensada para las personas, sino que también para sus animales y plantas propias de las actividades diarias de los gournianos. Recordemos que el proyecto de ordenación debía resolver también la convivencia de cinco clanes familiares que se había dado de manera más dispersa en el antiguo asentamiento, todos ellos con sus peculiaridades familiares y culturales.

2.3. Tipologías a estudio

2.3.1. La vivienda

TIERRA Y AGUA:

El acceso a la vivienda (Figura 2) se produce a través de *el-Magaz*. Este espacio de transición que según Picone (2009) es característico en la cultura árabe, permite diferenciar claramente el paso del espacio público del espacio privado. A continuación se encuentra el patio de la casa, elemento que configura el centro de la vivienda y organiza y distribuye el resto de estancias. En su límite Oeste se encuentra la *maziara*, bóveda que cubre la tinaja o *zeer*, protegiéndola del sol directo. Este elemento lo sitúa bajo la escalera de acceso al nivel superior. Esto le da un uso más a este elemento, estructural en este caso, al utilizarlo como excusa para redistribuir las cargas y aligerar de bloques de adobe la construcción. Al sur se encuentra el *iwan* a modo de porche cubierto exterior. En este espacio se encuentra una zona de descanso con la configuración de un asiento con forma en "c". En la parte este del patio se encuentra el corredor que sirve a cada una de las habitaciones. Y por último en lado norte del patio se encuentra la estancia interior principal de la vivienda, el *qa'a*. Como dice Picone (2009, p.66) "La relación entre el *qa'a* y el patio se vuelve en el eje vertebrador de la casa", y efectivamente esta situación se puede observar en la vivienda de Nueva Gourna. Si entramos a analizar cada uno de estos espacios, deberíamos comenzar por el *qa'a*. Éste es el conjunto espacial, formado por dos piezas pertenecientes a la configuración de la casa tradicional árabe, los *iwanat* y el *durqa'a*, que forman la zona principal y común del interior de la casa. Se tratan de espacios multifuncionales que consiguen resolver el enlace de las diferentes geometrías espaciales, articulando a través de los mínimos elementos las dimensiones espaciales más grandes posibles. Esto es gracias a la respuesta magistral a la dirección de los esfuerzos de compresión, mediante cúpulas, bóvedas y arcos que están formados mediante la pieza compacta de los bloques de adobe. En este espacio se encuentra la chimenea, la cocina y el lugar de encuentro de la familia bajo una cúpula de 4,5 metros de diámetro. Dentro de la misma vivienda podemos ver esta conjunción de espacio cuadrangular cubierto mediante una cúpula y un espacio abovedad colindante, a modo de pequeño *durqa'a* e *iwan.* Estamos hablando de las piezas modulares que albergan las habitaciones con la configuración de los qa'a. Se trata de un espacio abovedado donde se sitúa la cama, levantada del suelo y con un goterón para protegerse de los alacranes. Este espacio cuadrangular está cubierto mediante una cúpula, de mayor altura.

AIRE:

Al observar la dirección del viento que aparece representada en los planos, se ve que coincide con acceso a la vivienda. En la planta se ve como mediante el control de las zonas en sombra generadas gracias a la dimensión y proporción de sus espacios interiores abiertos, se crean las diferencias de presión entre el exterior, al sol y el interior a la sombra, lo que genera el efecto Bernouilli al aumentar la velocidad del aire, para mantener la ecuación constante, y este parámetro mejora la sensación térmica en el interior del patio. A este efecto hay que sumarle la manipulación, mediante otra herramienta de manera intencionada, del parámetro de la humedad del aire, que lo consigue mediante la reutilización de un elemento rescatado de la Vieja Gourna, la *maziara* o bóveda que cubre una tinaja o *zeer* protegiéndolo del sol directo. Hassan Fathy lo sitúa junto a la celosía que divide *el-Magaz* y el patio de la casa, aprovecha el aire que corre refrescando así el agua del interior del *zeer* de forma natural y a su vez humidifica, ligeramente, el aire caliente procedente de la calle. El patio ejerce entonces de espacio generador de diferentes brisas. Un ejemplo puntual lo podemos observar en la parte alta del *iwan* del patio, que mediante un pequeño hueco permite la circulación de aire fresco al interior procedente del patio del establo, lo que desplaza el aire caliente de la parte alta de la zona de descanso. Por último mencionar el efecto que también se genera en el interior de las estancias de la vivienda. Como se puede observar en las secciones, la entrada del aire más frío por los huecos en la parte inferior se genera por la existencia de aberturas en la parte alta de las cúpulas de los *qa'a*. Esto genera un circuito del aire caliente hacia la parte alta, donde se libera al exterior, un movimiento de forma continua que refresca la estancia. Destacar la posición del espacio

principal a una mayor exposición de las corrientes de aire, lo que facilita la ventilación de los espacios, que por su dimensión, tienen una mayor masa de aire para hacerla circular.

FUEGO:

En primer lugar renombrar el control magistral del arquitecto de los diferentes elementos que construyen el acceso a la vivienda en *el-Magaz*, donde ofrece la primera sombra que recibe del sobresoleamiento exterior. Del patio destacar la posición de la zona de descanso en la parte sur, lo que permite disfrutar de una zona en sombra continua bajo la bóveda del *iwan*. Por la orientación del edificio, vemos que busca acompañar con la sombra los arcos de acceso al pasillo de circulación de las diferentes habitaciones. Por último observamos que la parte inferior de los *durqa'a* se encuentran protegidos por espesos muros que configuran los espacios abovedados de los *iwanes*, lo que los protege de la radiación directa, que sólo pasa a producirse en la parte alta de las cúpulas de los *durqa'a*. Esto no es casualidad, ya que permite que, gracias a la existencia de un pequeño orificio en la parte superior, la radiación caliente la masa de aire de la parte superior del interior de estos espacios y se escape, lo que genera una circulación continua de aire caliente hacia la parte alta. Las ventanas y aberturas al exterior son pocas y de dimensión reducida.

PERSONAS:

Recordar que las familias de Nueva Gourna, estaban formadas en su mayoría por familias desplazadas del Valle de los Reyes por sus actividades ilícitas de expolio y saqueo de los bienes patrimoniales procedentes de las tumbas de los antiguos faraones. Familias con bajos recursos procedentes de antiguas familias campesinas. La unidad familiar estaba formada por un matrimonio y una media de 5 hijos. La persona que hacía mayor uso de las actividades domésticas, era la mujer, quien organizaba la vida familiar, siempre en un segundo plano. Por lo que el trabajo reproductivo recaía sobre la mujer y el trabajo productivo, el hombre. Como tercer elemento que componen las actividades entorno a la vivienda, está la existencia de animales. Se puede hablar de una vivienda productiva, porque también albergaba estancias que servían para el cuidado del ganado que servía para pequeños ingresos o para la economía de subsistencia que se generaba muchas veces. Hassan Fathy recopiló diversa información de carácter antropológico que le permitió ajustar el diseño a las necesidades concretas de los habitantes de Vieja Gourna, de las nuevas viviendas.

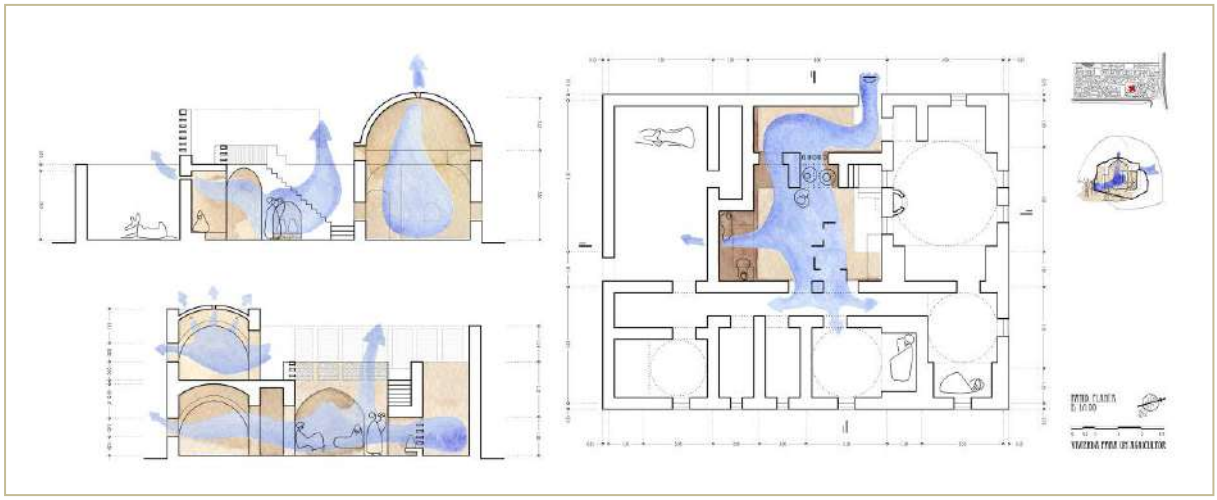


Figura 2. Secciones y planta de vivienda en Nueva Gourna. Redibujado por Javier Parra.

2.3.2. La escuela femenina

TIERRA Y AGUA:

El aula constituye la pieza fundamental de cualquier escuela. Es la célula base de la arquitectura educacional. Este ejemplo paradigmático alberga los mayores esfuerzos del arquitecto para conseguir la concentración y el disfrute de la docencia.

El aula tiene la posibilidad de albergar a 30 alumnas con un área útil de 40 m^2, al que hay que sumar 5,5 m^2 para almacenamiento y 17 m^2 de porche exterior cubierto asociado al aula (2 m^2 por alumno en total). Esta diferenciación de espacios permite una mayor aproximación de las dimensiones para dar respuesta a un gran número de alumnos a la escala humana que precisan. Sin olvidar que la solución constructiva del empleo de bloques de adobe secados al sol no permite coberturas de mucha mayor dimensión. Esta superficie del aula se distribuye de la siguiente manera: en el acceso se encuentra un porche cubierto mediante bóvedas nubias que se apoyan en los muros portantes que dejan paso entre ellos mediante un arco apuntado para poder conectar las diferentes aulas. Esta zona permite proteger el aula del sur y hace la función de filtro entre el patio principal y las aulas. Una vez se accede al aula, a través de la puerta, bajo el espacio principal que estructura el aula, a modo de *qua*, se encuentra cubierto por una cúpula de más de 4,5 m de altura que imprime un carácter solemne al aula.

AIRE:

En la parte superior de la cúpula del espacio central del aula existe una abertura acristalada que permite la ventilación de la sala principal. El mecanismo para manipular el parámetro del movimiento del aire, se consigue mediante la creación de diferencias de presión entre el interior y el exterior. Al producirse una variación de temperatura del aire entre la parte inferior, más fría, y la parte superior, provocada por la radiación directa sobre la cúpula central y la protección de los muros verticales del aula mediante los *iwanes*, se produce la circulación del aire por la abertura superior, lo que refresca de forma continua y natural el aula.

Por otro lado destacar que para facilitar esta circulación de aire exterior-interior, se utiliza el *malquaf*. Esta torre, situada en la parte norte del aula, se eleva sobre el nivel del resto de construcciones y recoge mediante una ventana abierta la brisa predominante de la zona para redirigirla al interior del aula. Ésta al entrar recorre por el tiro de la chimenea una serie de bandejas que contienen un carbón humedecido gracias al agua de una jarra de barro suspendida en el interior del torreón. El aire consigue refrescarse al humedecerse, cuestión fundamental debido a la gran sequedad del aire desértico. Llega al fin al aula que libera el aire más caliente por la parte superior de la cúpula, por la diferencia de presión, lo que genera un circuito que favorece la ventilación y la refrigeración del aula de forma natural. Según los estudios realizados por Hassan Fathy, se conseguían unas diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de hasta 10ºC.

FUEGO:

En la parte superior de la cúpula existe una abertura acristalada que permite la iluminación de la sala principal. A esta zona cuadrangular se le adosan dos *iwanes*, como ocurría en la estructura de la vivienda árabe. La posición de estos elementos consigue ampliar la clase y permite la focalización del aula hacia la posición de la pizarra situado en uno de ellos, mientras que el otro se abre con una gran cristalera hasta media altura orientada a norte, lo que consigue iluminar mediante una luz uniforme y difusa el aula.

Para proteger el aula de la orientación Sur, el aula posee un porche de más de 3 m que sirve para dar acceso, de forma perimetral a las aulas y crea un espacio exterior cubierto de transición entre el bullicioso patio de un colegio y el espacio de estudios de un aula.

PERSONAS:

La división del aula entre el maestro/a y la alumna denota la cultura educativa de la época. Reflejar también la pertinencia de crear una transición entre ambientes de concentración y de recreo a través de las distintas estancias.

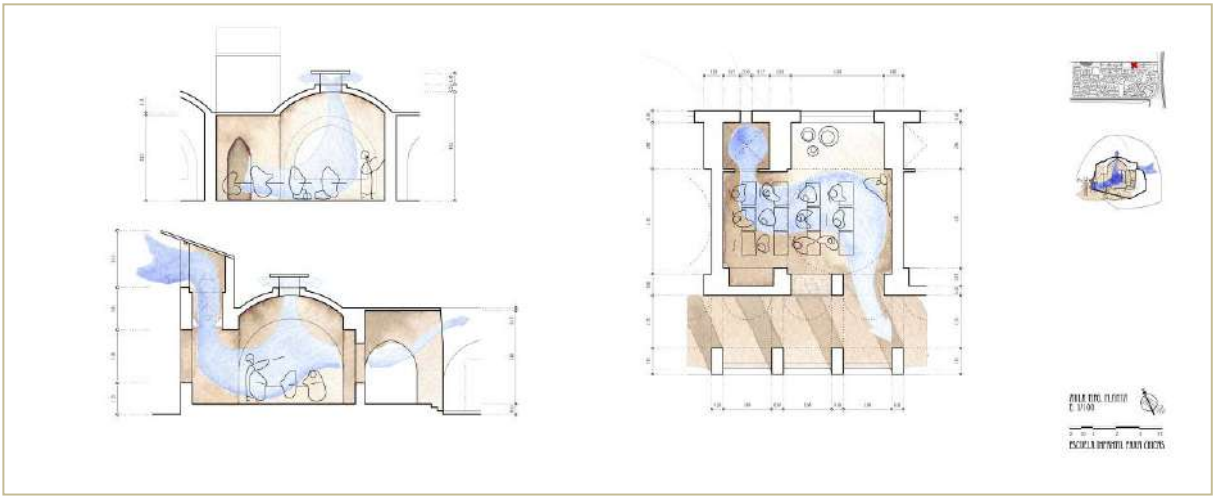


Figura 3. Secciones y planta del aula tipo de la escuela femenina en Nueva Gourna. Redibujado por Javier Parra

2.3.3. El teatro

TIERRA Y AGUA:

La elección de espacio del hall de dentro del conjunto del edificio responde principalmente a la espectacularidad de los diferentes mecanismos que utiliza Hassan Fathy para conseguir, mediante los mínimos recursos, un efecto onírico, muy singular propio de los edificios de estas características.

En primer lugar destaca la puerta de acceso, es una puerta de madera de grandes dimensiones sólo practicable una parte más pequeña de ellas, con lo que juega con la escala del elemento para impresionar al visitante. A su vez flanquea la puerta con dos machones estructurales que recorren la pared en toda su altura, que junto con la aparición de una celosía, apoya la idea de significación y singularización del acceso al edificio.

Una vez se accede al interior del edifico, es a través de un espacio reducido donde se encuentra la ventana de ventas de tiquets. Este espacio acompaña a la persona bajo un techo abovedado que le traslada hacia el frente donde se observa una gran escalera. Antes de llegar a la gran escalera, el techo se aleja, el espacio aumenta en planta y en altura gracias a la posición de una columna central que da soporte a cuatro cúpulas perforadas por cinco huecos cada una. Este gran espacio sirve de preámbulo al espectáculo del teatro. La escalera es de grandes dimensiones y permite darle un efecto solemne al acceso interior del edificio. La diferencia de altura permite por otro lado generar la separación necesaria entre el interior y exterior del espectáculo sin la necesidad de puertas ni segundos recorridos.

FUEGO:

Tras traspasar la puerta principal de acceso, se llega a un espacio oscuro que protege del sol del exterior y focaliza la atención sobre el punto de venta de entradas. Una vez se va hacia el interior, se observa un espectáculo de luces provocado por una gran altura cubierto por cuatro cúpulas perforadas por cinco huecos cada una, que junto a la abertura de diferentes rasgaduras en el muro, así como los huecos de la celosía que se ha comentado en la pared de acceso, deja pasar multitud de haces de luz que bañan todo este gran espacio dotándolo de un efecto muy espectacular, muy onírico, de un gran impacto visual sobre el visitante que lo impacta y lo prepara ante el futuro espectáculo que va disfrutar.

AIRE:

Sobre las circulaciones de aire destacar que estos espacios de gran altura permiten redirigir rápidamente las masas de aire caliente hacia la parte superior, lo que refrigera rápidamente las zonas donde se conglomeran un gran número de personas previo al espectáculo.

PERSONAS:

Resulta magistral la conjunción de geometrías y proporciones que envuelven y acompañan los movimientos de las personas en el transcurso de este espacio.

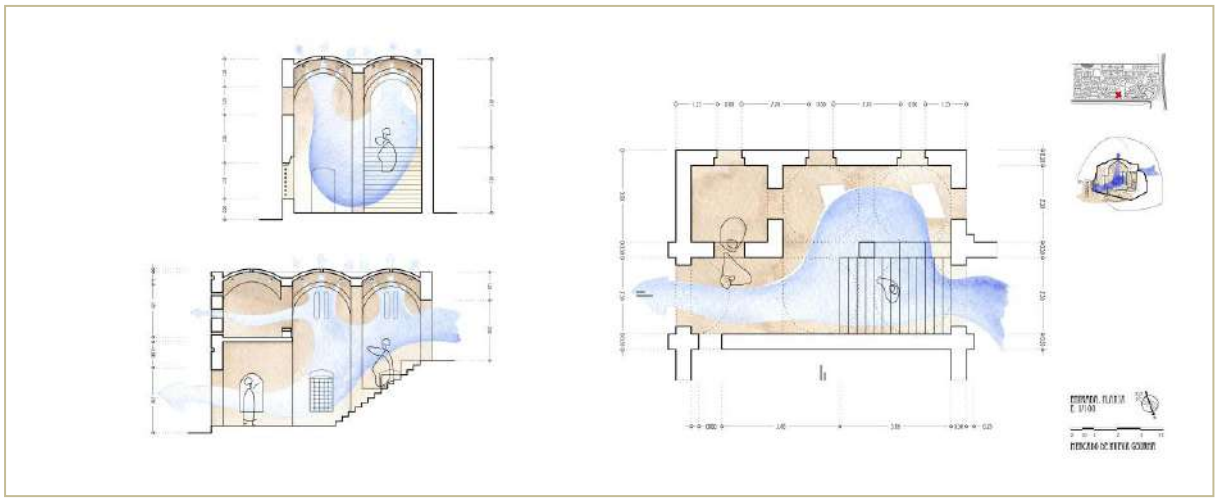


Figura 4. Secciones y planta del acceso principal del teatro en Nueva Gourna. Redibujado por Javier Parra

2.3.4. El mercado

TIERRA Y AGUA:

El espacio seleccionado del mercado es el más importante porque es punto de encuentro tanto de los productos básicos de la alimentación de las personas, así como los interesados en su compra. Hablamos entonces de una arquitectura para la venta y la exposición del género. Por este motivo, cada elemento está dirigido a este fin: la parte abierta da a la plaza central del mercado, mediante una batería de muros consecutivos que soportan la construcción de las bóvedas nubias que arrancan desde la pared posterior de cierre del mercado. Estos muros permiten un segundo recorrido interior que enlaza cada puesto mediante un arco apuntado que aligera la masividad de los muros. Ya en la parte interior, bajo la cubierta de casi 5 m de altura en su parte más alta. La superficie propia del vendedor es de 8,5 m^2, mientras que la zona de paso y circulación del comprador es de casi 10 m^2, lo que indica la preocupación desde el diseño por el cliente del mercado con el fin último de beneficiar también al comerciante.

FUEGO:

La iluminación natural de este espacio se da por la parte posterior mediante una celosía que separa del exterior y que consigue una iluminación difusa de norte, lo que rompe con la dura luz de sur del acceso. Esto facilita que las pupilas se acostumbren rápidamente al nuevo nivel de luminosidad del interior. Es una construcción ligera que permite una gran permeabilidad y a la vez protege del sol directo de una forma muy eficaz.

Según el esquema de soleamiento, vemos que incluso en la situación más desfavorable, en el solsticio de verano, la zona de los productos en venta nunca recibe el soleamiento directo. Por otro lado, la sucesión de estos espacios en sombra y bajo cubierto incitan a la estancia en esta zona del mercado, lo que fomenta la compra de mercancía.

AIRE:

Si se habla de la cuestión de las corrientes de aire, se ve que recurre a un elemento como es el de la celosía en el muro de cierre posterior, lo que consigue por un lado aligerar el muro testero y por otro, permite el paso de la brisa necesaria para aliviar en lo posible el calor interior del local.

La geometría de la cubierta, con la gran altura diseñada mediante la bóveda nubia permite que el aire caliente circule rápidamente hacia la parte superior. Por otro lado, la dirección del

viento circula rápidamente por los arcos apuntados que unen la totalidad de las naves, justo por la zona de circulación de los visitantes y compradores del mercado.

PERSONAS:

La suma de geometrías y proporciones de estos nichos ofrece al comprador una disposición del producto perfectamente enmarcada, con una arquitectura tranquila que ofrece de forma directa la variedad de colores, olores y texturas que ofrecen los comerciantes.

Por último, vale la pena observar cómo consigue separar las zonas de ganado y animales, de las propias de los alimentos y puntos de ventas de los comerciantes mediante la colocación del corredor longitudinal que atraviesa la totalidad del mercado.

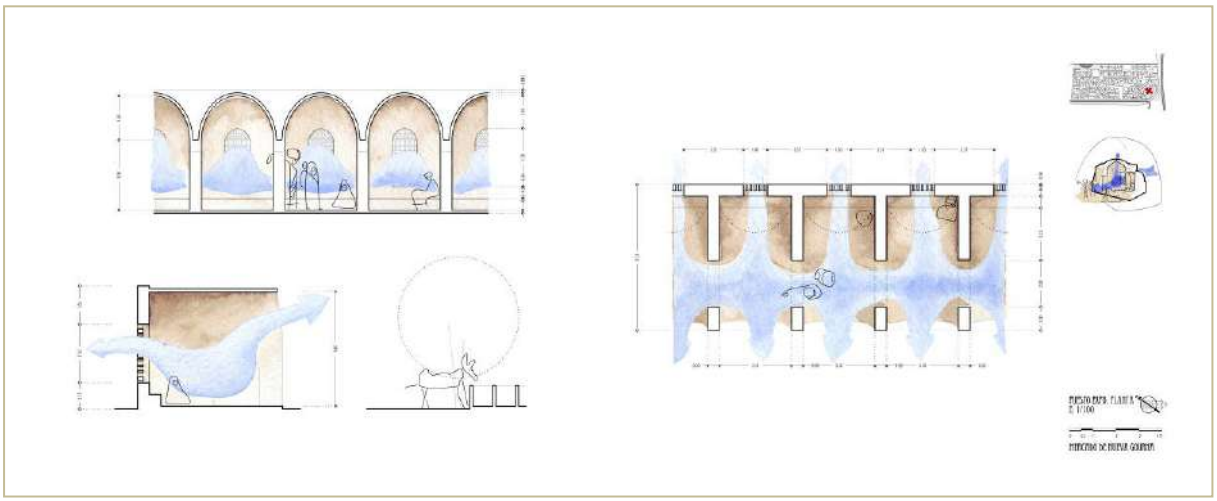


Figura 5. Secciones y planta del módulo tipo de puesto del mercado en Nueva Gourna. Redibujado por Javier Parra

2.3.5. La mezquita

TIERRA Y AGUA:

El espacio seleccionado de la mezquita es el espacio principal de oración. El rezo de los musulmanes puede darse en espacios más homogéneos en los que simplemente destaca un pequeño nicho en una de las paredes (la *kiblah*), que indica la dirección de la Meca. Así, el espacio para el rezo sólo debe conseguir aislar del exterior y propiciar la concentración en Dios. Es por esto que no encontramos ningún tipo de estatua u ornamento destacado, a lo sumo unas frases escritas en la cúpula principal. Hassan Fathy aprovecha la definición de los cuatro *iwanes* para ordenar el patio cuadrangular y separar así las cuatro castas o familias que formaban Nueva Gourna. La disposición regular de arcos, bóvedas y cúpulas consiguen aislar por completo de la realidad exterior. El acceso a la zona de rezos se realiza a través del *iwan* principal, un gran arco marca el acceso hacia la gran cúpula central. Esta cúpula tiene un diámetro de 7 m y se encuentra apoyada sirve un tambor hexagonal que permite hacer la transición entre la geometría circular de la cúpula y la planta cuadrangular del espacio del rezo frente al patio.

FUEGO:

La orientación de este espacio responde únicamente a la orientación hacia la Meca, pero al ser un espacio de rezo y espiritualidad busca una relación con la luz particular. El gran vano de acceso a través del *iwan* deja entrar una luz uniforme de norte, lo que matiza las sombras interiores y el acceso se suaviza. Ya en el interior, bajo la gran cúpula, la iluminación es cenital a través de las ocho ventanas que permiten el juego de luces que baña la gran estructura superior. Ésta es la única relación que se establece con el exterior.

AIRE:

Sin olvidar que la orientación responde a una restricción inicial, vemos que el gran arco de entrada permite acceder el aire del patio. Este aire circula entre árboles y plantas, que junto a la fuente del acceso, refresca y humedece el aire seco del exterior. La gran altura de la

cúpula central y las cúpulas rebajadas laterales, permite que el aire caliente circule rápidamente hacia la parte superior.

PERSONAS:

Cabe destacar la principal diferencia entre los espacios religiosos cristianos y musulmanes. Esta es que la ordenación espacial no tiene porque focalizarse en un punto o altar como ocurre con los espacios religiosos cristianos que así lo exigen por el ritual de sus liturgias. Los musulmanes se disponen sobre alfombras, con los pies descalzos orientados hacia la meca. Se levantan y arrodillan multitud de veces durante la repetición de las oraciones.

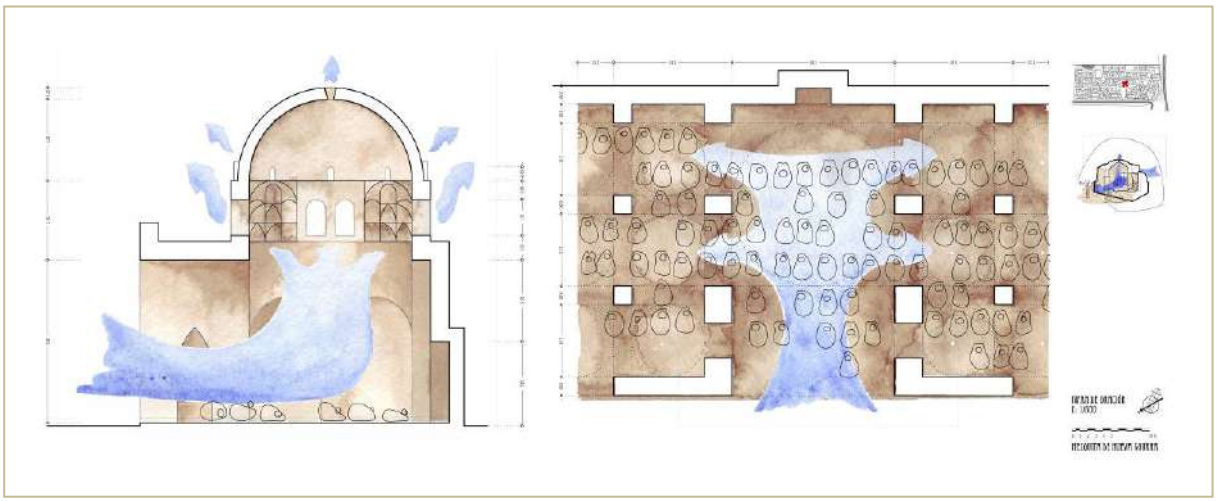


Figura 6. Secciones y planta del espacio principal de oración de la mezquita en Nueva Gourna. Redibujado por Javier Parra

3. CONCLUSIONES

En primer lugar remarcar que el presente apartado no pretende definir los pasos a seguir y las cuestiones a corregir respecto al proceso desarrollado por Hassan Fathy en el Alto Egipto. Pero si que va a arrojar algunas preguntas para seguir en el debate de las virtudes y las dificultades del proyecto de Nueva Gourna.

Si iniciamos este camino no debe ser de otra manera que poniendo la atención en la primera pregunta. Lo que Julián Salas llama, la elección del sitio. La localización de la nueva parcela se situó sobre antiguos campos de cultivo del valle del Nilo, zona vulnerable por inundación. Pese a diseñarse sobrecimientos de piedra, no fue suficiente frente a las crecidas que ha sufrido el rio en épocas de gran precipitación.

Si continuamos bajo un análisis propio de la óptica del Instituto de Cooperación en Habitabilidad Básica, podríamos pensar en si no se debería de haber invertido antes en la parcelación y urbanización del total de la intervención, que en la inversión en edificación concreta. Esto hubiera permitido que ante la situación imprevista de no poder abarcar la totalidad del proyecto, al menos hubieran quedado las bases de la totalidad de la intervención. Realizando así un proyecto por fases, concentrando el esfuerzo en los procesos de desalojo de manera gradual y conjunta, con todas las badanas. Se podría haber seleccionado en un inicio aquellas familias más necesitadas y que resultaran claves en cuanto a su relación con el resto de la comunidad. Sumando a estas familias como agentes participativos en el resto de reuniones, delegando parte de las funciones detectadas por Hassan Fathy en sus textos como aquellas no de mano de obra especializada. Accediendo mediante su trabajo al pago significativo de parte de su propia vivienda.

Así, en el triángulo de actores que intervienen en el proyecto: Gobierno-Técnicos-Gournianos debe de acentuarse el último vértice, para que ante una disminución de responsabilidades y compromisos por parte de alguno de los otros dos no debilite el germen del proyecto, que la gente viva mejor de una manera responsable con su entorno y de forma

sostenible en el futuro. Estamos entrando en la definición de algunas metodologías de trabajo que no fueron definidas por el equipo de Hassan Fathy. Seguramente, la falta de un equipo multidisciplinar que registre y actúe de una manera más completa a la complejidad de un conjunto vivo como es un pueblo. Hassan Fathy detectó la falta de un equipo de trabajo del ámbito social que hiciera de facilitador y de conexión de intereses entre las partes. La comunidad intelectual, como la universitaria, puede ejercer de consejero en el proceso ofreciendo apoyo mediante sus herramientas al servicio de la investigación en pro de una sociedad mejor. Sin olvidar la incorporación de la empresa privada que puede jugar un papel, siempre de manera controlada. El proyecto de Nueva Gourna consiguió confirmar que las técnicas constructivas tradicionales mejoradas podían ser fácilmente asimiladas por personal no cualificado mediante una formación previa. Por lo que el proyecto puede ser fácilmente replicable en contextos de autoconstrucción. Lo que incide directamente no sólo en el mantenimiento de las edificaciones en un futuro, por parte del propio usuario, sino que consigue dar una oportunidad profesional en torno a la construcción.

Gracias al análisis de los cinco elementos, se ve que a través de unas herramientas muy básicas, se arrojan resultados contrastables que ayudan a mejorar las soluciones habitacionales. Como conclusión destacar el control de estos cinco elementos por parte de Hassan Fathy, en aquel momento, de una manera empírica.

El presente trabajo recoge de manera desmenuzada cuestiones básicas de la tradición constructiva de muchos pueblos que viven en condiciones climáticas áridas y calurosas, que además Hassan Fathy consigue explotar y continuar investigando, con lo que el sello de la contemporaneidad queda totalmente incorporado en sus obras.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA

De Luxan, M. (1997), Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de diseño. In *General de Arquitectura y Vivienda,* Sevilla: ed Consejería de Obras Públicas y Transportes.

Fariña, J. (2001), *La ciudad y el medio natural.* Madrid: Akal.

Fathy, H. (1973. Impresión original, (1969), *Architecture for the poor: an experiment in rural Egypt,* República Árabe de Egipto, Chicago: Ministerio de Cultura Egipcio, University of Chicago Press.

Fathy, H. (1986), *Natural energy and vernacular architecture: Principle and examples with reference to hot arid climates.* Chicago: University of Chicago Press

Picone, A. (2009) *La casa araba d´Egitto. Construire con il clima del vernacolo ai maestri contemporanei.* Milano: Jaca Book SpA

Curriculo

Arquitecto, con Diploma de Estudios Avanzados en el Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Dispone de especialización en Cooperación para el Desarrollo y Habitabilidad Básica con el ICHaB. En la actualidad compagina sus labores como profesional independiente y su actividad investigadora.

AUTOCONSTRUCCION CON TIERRA EN ECOALDEAS

Juan Carlos Patrone, Sebastián D'Andrea, Hernán Passone

Centro de Investigaciones del Hábitat y Energía (CIHE) de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria, Pabellón III, Ciudad de Buenos Aires, tel. (+5411) 4789-6274
arqpa@yahoo.es; seb@sdandrea.com.ar; hernan_passone@hotmail.com

Palabras claves: tierra, autoconstrucción, capacitación, ecoaldea

Resumen

La autoconstrucción con barro puede entenderse como uno de los componentes del fenómeno de las ecoaldeas, en zonas suburbanas o semirrurales o de todos aquellos asentamientos humanos que proponen un cambio en la forma de relacionarse con el entorno natural. Esta propuesta surge de una búsqueda de mejoramiento en la calidad de vida cuyo eje está puesto en la salud física y en la armonía mental. Las experiencias que prosperaron surgieron mayormente en países fuertemente industrializados y llevan ya aproximadamente tres décadas de desarrollo. Muchas experiencias latinoamericanas, en cambio, son más recientes, teniendo un alto grado de informalidad.

Desde el CIHE, interesados en la saludable prosperidad de la construcción con tierra, se decidió colaborar en espacios donde se posibilite la experimentación, pues se abre un campo en donde es posible cumplir con los siguientes objetivos:

> Asistir con conocimientos técnico-científicos a una necesidad edilicia concreta

> Difundir los aspectos técnicos más destacados de la construcción con tierra

> Formar mano de obra con conocimientos adecuados

> Establecer vínculos con autoconstructores, entendiendo que están encausados en una búsqueda genuina

Surgida la necesidad de una concreción edilicia en uno de estos espacios, se propuso asistir en todo el desarrollo del proceso proyectivo y constructivo de una vivienda mínima. Elaborando en conjunto un diseño para el cual se consideraron distintas alternativas, funcionales, vivénciales, constructivas, disponibilidad de materiales y saberes de los autoconstructores. En función de estas variables, se tomaron decisiones posibles y adecuadas a condicionantes económicas, temporales y culturales. El diseño integral de la experiencia incluye la realización de talleres de difusión y aprendizaje, gracias a los cuales los asistentes tienen la posibilidad de participar en la construcción de la vivienda. Dado el creciente interés que despierta la construcción con tierra, fuera del ámbito académico, relacionado con otras disciplinas dedicadas a abordar el uso y apropiación de la naturaleza; esta experiencia de transferencia de conocimientos, aunque desarrollada en un ámbito informal, tiene igualmente buenas posibilidades de maduración y obtención de logros aceptables. Concluida la segunda etapa de la experiencia los objetivos propuestos fueron alcanzados con promisorias perspectivas a futuro.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la investigación sobre arquitectura y construcción con tierra que viene desarrollando el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la Secretaría de Investigaciones de la FADU-UBA, el grupo construcción con tierra (gCT) en la búsqueda de mejoramiento en la calidad de vida de grupos humanos con fuerte relación con la naturaleza se contactó con una familia iniciadora de una ecoaldea ubicada en la localidad de Ministro Rivadavia, en el Partido de Almirante Brown, Provincia de Buenos Aires, a 29 km de la Capital Federal formando parte del área metropolitana en una zona todavía rural del Partido (figura 1).

Estos espacios generalmente están integrados por personas que se encuentran en una búsqueda de lo natural y espiritual tratando de recrear formas de vida libre e igualitaria en relación directa con la naturaleza.

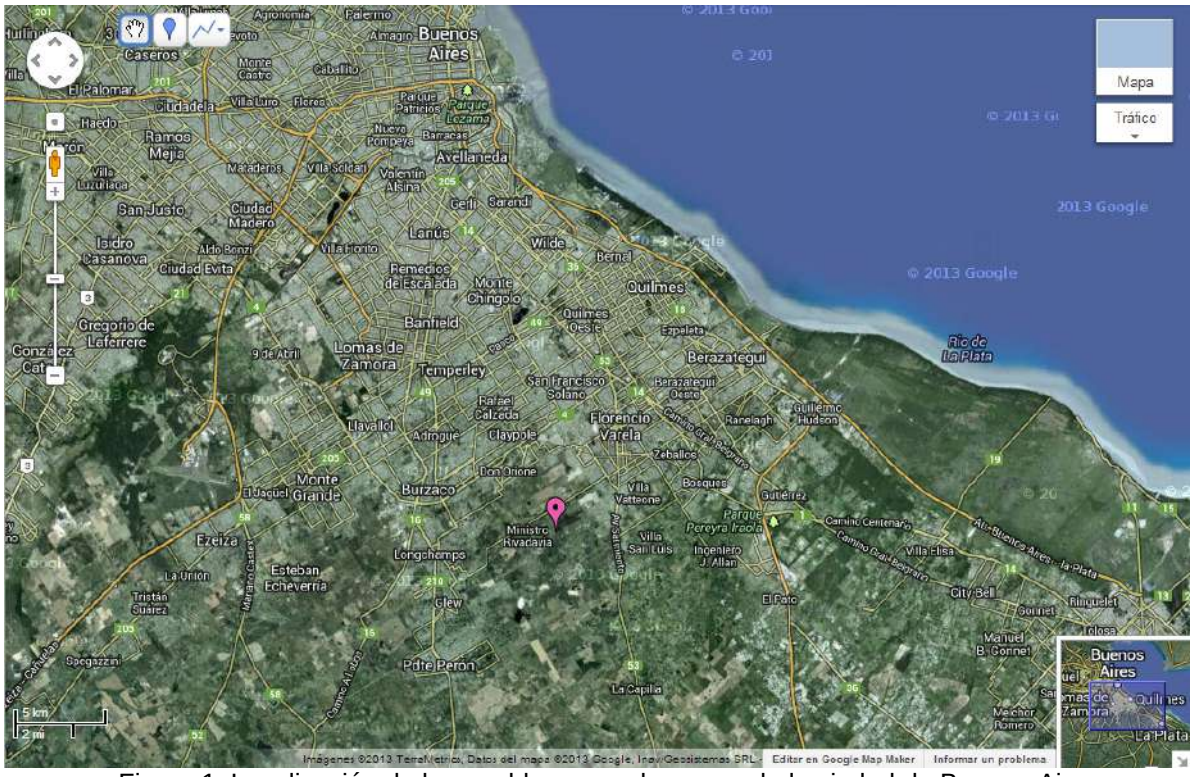


Figura 1. Localización de la ecoaldea, conurbano sur de la ciudad de Buenos Aires

El ideario de este grupo humano se conecta con una filosofía anti revolución industrial del siglo XIX que tuvo sus orígenes en los EEUU introducido por el pensador francés Etienne Cabet, influido por utopistas como Thomas Moro y por Robert Owen, quien llega a América a mediados de siglo con la convicción en la que la pobreza fuera eliminada y todos podrían entonces contribuir al conjunto y obtener una existencia igualitaria y pacífica. A mediados del siglo XX resurgen movimientos con diferentes formas de pensamiento abiertos a una vida más espiritual frente al materialismo.

La autoconstrucción con tierra puede entenderse como uno de los componentes de este fenómeno de las ecoaldeas en zonas suburbanas o semirrurales o de todos aquellos asentamientos humanos que proponen un cambio en la forma de relacionarse con el entorno natural (figura 2).

Figura 2. Viviendas en las afueras de Santa Fe, Argentina

1.1 La ecoaldea

Atrapasueños se inició como un proyecto familiar de agricultura orgánica en una superficie aproximada de una hectárea de tierras sin otro servicio público más que el tendido eléctrico. En su evolución, el proyecto fue asociándose naturalmente a disciplinas que le eran afines entre las que se incluye a la construcción con tierra. Las primeras construcciones destinadas

a albergar a la familia de tres miembros constituían originalmente un núcleo de cuatro cuerpos, algunos de los cuales, fueron hechos mayormente de madera que se fueron organizando alrededor de un centro en el que se ubica el fuego y que oficia de punto de reunión y de conector con el resto del predio destinado a la producción horti-agrícola.

Con el tiempo, el cerramiento original de madera de estas construcciones se fue cubriendo con revoques sucesivos de barro elaborados con técnicas que fueron incorporando mejoras a partir de la experiencia y de la investigación.

Las primeras construcciones destinadas a albergar a la familia (figura 3) constituyeron originalmente de una vivienda (1) sencilla que se encuentra en proceso de ampliación y mejoras, junto a otras de iguales características que funcionan como núcleo sanitario (2) compuesto por baño seco, ducha y lavadero, cocina comunitaria (3), corazón de la vida social de la aldea, y completa el conjunto un galpón taller deposito (4), con un altillo destinado a albergar visitas ocasionales, y un invernadero adosado (5). La parcela se completa con una huerta, jardín de frutales, espacio para acampar y un sector reservado para futuras expansiones, en este sector se propuso una nueva vivienda.

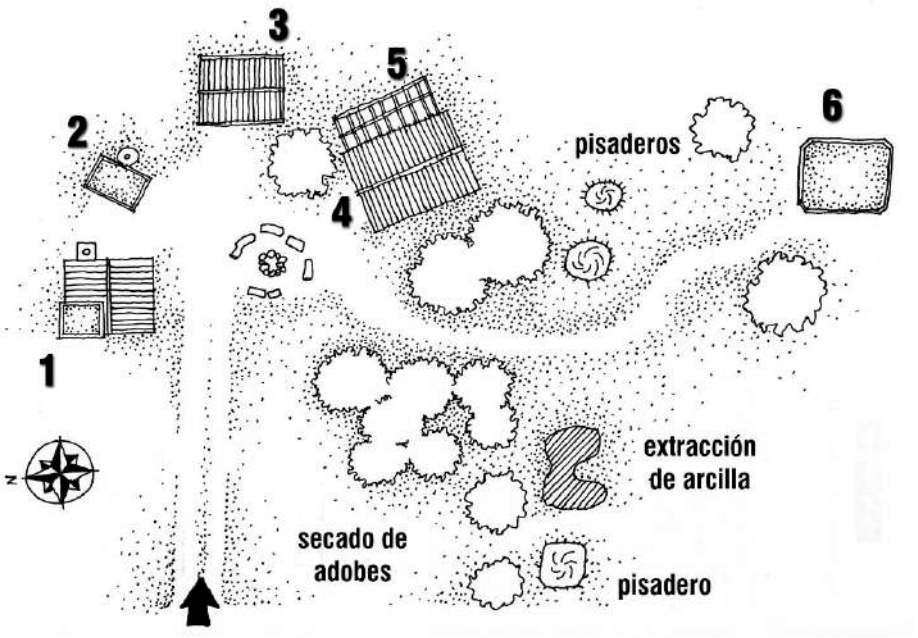


Figura 3. Croquis ecoaldea

El predio cuenta con un subsuelo rico en una arcilla ideal para la construcción. Se trata de un tipo de suelo que está entre franco y franco-arcilloso, siempre debajo de una capa de humus que oscila entre los 50 cm y los 70 cm de espesor. La extracción se realiza dentro del mismo predio de la ecoaldea y se procesa en tres pisaderos realizados en la proximidad.

Cada ampliación y cada mejora en cada una de las construcciones se logra con la participación de otras personas, con vínculo o totalmente ajenas a la aldea, pero convocadas para eventos puntuales donde se produce un intercambio de recursos. A cambio de la mano de obra se ofrece alojamiento y conocimiento, brindado en forma de experiencia directa y con formato de talleres donde se difunde información vinculada con la tierra como productora de alimentos o como material de construcción. Sólo se pide una pequeña colaboración monetaria que no es excluyente pero que se utiliza para preparar la comida para los asistentes y adquirir materiales para los cursos teórico-prácticos.

La ecoaldea es un espacio dinámico producto de un proyecto en constante evolución en la cual las construcciones van evolucionando constantemente en función de su sus necesidades y las vivencias conformadoras del mismo proyecto, constituyéndose prácticamente en un organismo vivo (figuras 4 y 5).

Figura 4 Vivienda en Ecoaldea Atrapasueños

Figura 5. Vivienda en construcción

2. OBJETIVOS

> Asistir con conocimientos técnico-científicos a una necesidad edilicia concreta

> Difundir los aspectos técnicos más destacados de la construcción con tierra

> Formar mano de obra con conocimientos adecuados

> Establecer vínculos con autoconstructores, entendiendo que están encausados en una búsqueda genuina

3. DESARROLLO

Dentro de este contexto, el CIHE entra en contacto con los habitantes de la aldea y surge la posibilidad de incluir una charla introductoria sobre reconocimiento de suelos en uno próximo taller, donde, realizada la charla y la práctica de identificación de suelos, se despertó sumo interés en la concurrencia por recibir conocimientos con mayor grado de profundidad. En un taller posterior (figura 6) se amplió la transmisión de conocimiento con un panorama general sobre técnicas constructivas en tierra haciendo hincapié en la técnica del adobe, se repitió el taller sobre identificación de suelos y se inició la fabricación de adobes. Esta primera participación que constaba de un aporte mayormente de conocimiento técnico, fue evolucionando hacia un asesoramiento proyectual y bioclimático para una vivienda nueva a realizarse para un nuevo habitante de la aldea. Surgida esta necesidad edilicia, se realizaron reuniones con los ocupantes de la aldea para delinear proyectos posibles de la vivienda y formas de organizar el taller que daría inicio a la construcción de la quinta edificación en el predio.

El proceso también requirió de la elaboración de una síntesis de ideas complementarias, donde fue posible encontrar una firme postura ante la naturaleza, surgida de la experiencia directa del trabajo con la tierra y de la premisa de trabajar con recursos mínimos más la necesidad de mejorar la calidad de vida incorporando el conocimiento técnico necesario para el mejor aprovechamiento de los medios disponibles. Para la construcción de una nueva vivienda en el predio destinada a un nuevo integrante de la comunidad se planteó hacer un asesoramiento desde el inicio y se propuso colaborar en el diseño de la misma, se partió de un esquema muy simple un espacio único con un altillo, resueltos en aproximadamente 30 m^2 de superficie total, construido con adobes hasta el nivel del encadenado superior y, a partir de ahí, se continúa hasta el enrasamiento con el techo con técnica de quincha, que es la técnica constructiva que mejor se maneja en la comunidad y es la que permite mayor velocidad en su ejecución. La vivienda tendría orientación norte y un techo verde con una estructura de postes independiente del cerramiento. Las aberturas serían reutilizadas. Para terminar el piso se manejan dos opciones: madera recuperada o tierra apisonada y curada con aceites aromatizados (figuras 7 y 8).

Figura 6. Imágenes de los talleres

Figura 7. Ingreso a nueva vivienda

La ausencia de requisitos al momento de la convocatoria atrae una concurrencia heterogénea dentro de una franja socio-cultural media, con amplia mayoría de personas con experiencia universitaria pero, mayormente, de áreas ajenas a la práctica constructiva, más ligadas a la producción teórica y artística. Se trata de estudiantes universitarios o jóvenes profesionales. También es posible encontrar familias con hijos pequeños, amantes de la naturaleza, parejas jóvenes con sueños de autoconstrucción o, simplemente, personas con ganas de hacer algo distinto.

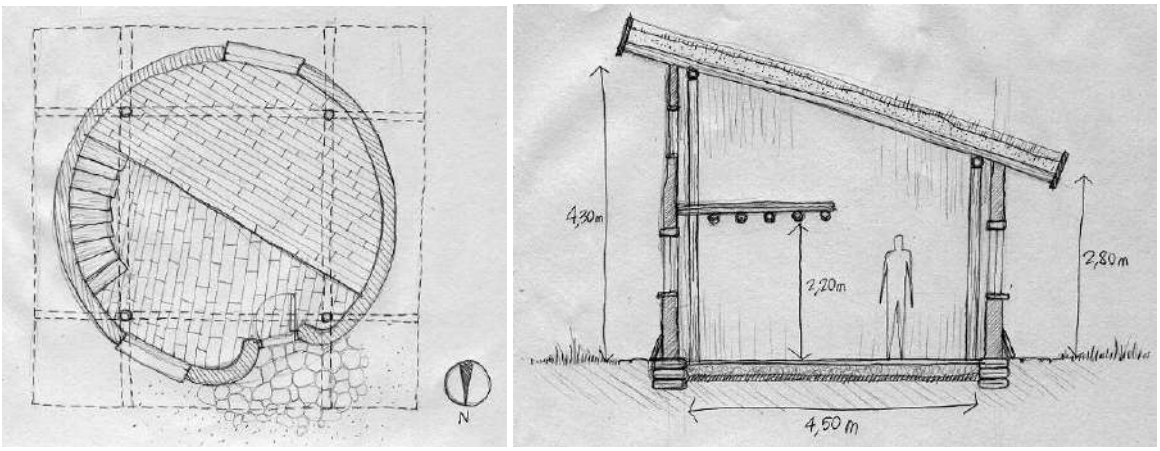


Figura 8. Planta y corte de la primera propuesta

4. RESULTADOS

A lo largo de los tres talleres se reunió a un promedio de 50 personas (por taller) y se llegaron a fabricar más de 400 adobes en total (figura 9). En todos los talleres además de la clase sobre identificación de suelos, se formaron grupos de tareas y todos los asistentes rotaron por los distintos grupos o sea que todos participaron del amasado del barro, la fabricación de adobes, la construcción de los cimientos con cascote embolsado, colaboraron con la construcción de la estructura independiente de madera, parte de la construcción del techo verde, la construcción con quincha en la ampliación de la vivienda y en el taller-deposito, realizaron revoques gruesos en el taller y levantaron mampostería de adobes en la ampliación de la vivienda y en la nueva.

Figura 9. Fabricación de adobes

La posibilidad de sumar los conocimientos empíricos de los integrantes de la aldea con el aporte científico y tecnológico del grupo de construcción con tierra del CIHE, posibilita el desarrollo de talleres en los cuales se profundiza el conocimiento ya que se plantea permanentemente la discusión y complementación entre el desarrollo fáctico, la causalidad, los fundamentos científicos y el saber empírico enriquecido por los aportes de anteriores experiencias de los participantes que aunque algunos planteen conceptos erróneos, sirven para reafirmar fundamentos y desmontar tabúes y recetas infundadas y la heterogeneidad de la concurrencia, más que nada en cuanto a su nivel de conocimiento y a sus intereses, exigió la creación de situaciones que despierten el interés en las técnicas estudiadas.

Finalmente, se considera acertada la elección del sistema constructivo expuesto, ya que resultó ser la tecnología adecuada que permite la apropiación del proyecto y para comprender el comportamiento de la tierra como material de construcción.

5. CONCLUSIONES

- De los talleres realizados a la fecha se puede afirmar que la transmisión de conocimientos es mayor a lo esperado, la interrelación entre los asistentes con los comunicadores y los deseos de obtención de conocimientos de los primeros junto a situaciones concretas permite ampliar el campo de la transmisión y la profundidad de los conceptos vertidos.
- Si bien la asistencia a los talleres es muy irregular ya que la mayoría asiste una sola vez, los participantes entienden claramente que la construcción con tierra tiene al igual que cualquier otra construcción reglas del arte que se deben cumplir.
- El contacto directo con el material y una técnica que requiere conocimientos específicos despiertan la conciencia sobre una realidad desconocida para los participantes, donde subyace la errónea idea de facilismo, economía y la autosuficiencia de la construcción con tierra.
- El intercambio de experiencias y conocimientos con autoconstructores permite la transmisión de las causas científicas del comportamiento resistente e higrotérmico del material destruyendo supuestos mágicos de las “recetas”.
- La formación de mano de obra capacitada requiere la continuidad de talleres para que los autoconstructores vislumbren la construcción con tierra como salida laboral.
- El camino iniciado por el grupo construcción con tierra del CIHE, asesorando autoconstructores y grupos humanos compenetrados con la tierra a través de conocimientos y actividades agrícolas, redunda en beneficios para un mejor desarrollo edilicio en el arte de estas técnicas.

Currículo

Juan Carlos Patrone: Arquitecto FADU, UBA, investigador en el CIHE. En 2001 se inicia en la investigación sobre arquitectura y construcción con tierra, construyendo un prototipo experimental de vivienda económica en el Municipio de Florencio Varela, Gran Buenos Aires. Es miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA y director del centro Terrabaires.

Sebastián D’Andrea: Está terminando la Carrera Arquitectura en la FADU, UBA. Asistió a cursos sobre materiales sanos en la UBA, de bioarquitectura en la SCA, talleres de construcción con tierra en Córdoba y Neuquen y participó como voluntario en varias obras en el país y el exterior. Actualmente investiga en el CIHE.

Hernán Passone: Cursa la carrera de Diseño Industrial en la FADU, UBA. Tomó cursos sobre materiales sanos, construcción con tierra y aplicación de energías renovables en la UBA. Trabaja con materiales y sistemas que aportan a la eficiencia energética. Actualmente investiga en el CIHE.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE TAPIAL REFORZADO A CHILE

Hugo Pereira Gigogne

Universidad Tecnológica Metropolitana,Santiago, Chile
Serrano 45, Santiago de Chile
Tel. (562) 27820749
pgigogne@gmail.com

Palabras claves: Transferencia tecnológica, tapial reforzado, **r**efuerzos constructivo, sismo.

Resúmen

A partir del año 1992,en el contexto del Sub programa XIV, Tecnologías para la vivienda de interés social, red HABITERRA: Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social se produjo un interesante caso de transferencia tecnológica constructiva desde Venezuela a Chile.Este sistema constructivo, generado en la Universidad de Mérida en investigaciones ligadas al ámbito rural, rescata y mejora el tradicional método de construcción de tapial.

En Chile durante el período colonial, ésta tecnología fué utilizada solamente como cercos en el agro, nunca en viviendas.Sin embargo, innovando la tecnología se obtienen muros de mayor resistencia al escfuerzo de corte, evitando la faena de preparación de adobes, acortando los plazos de construcción.

La transferencia a Chile se materializa en viviendas de nivel socioeconómico medio en uno y dos pisos construídas en la zona central de Chile. Las principales adaptaciones tecnológicas son tipo de herramientas, moldajes, refuerzos constructivos, métodos de compactación y mano de obra especializada.

Esta tecnología ha sido acogida por algunos Ingenieros calculistas, quienes aceptan las condiciones de estabilidad generadas a partir del sistema.

Siendo construída la primera vivienda el año 1992, éstas han sufrido la actividad sísmica, habiendo desmostrado un excelente comportamiento durante el último gran sismo del 27 de Febrero de 2010, sexto en energía destructiva desde que se tiene registro.

Los casos a ser analizados y comparados son los siguientes:

1.- Casa Pereira, Comuna de Paine,1992

2.- Casa Codrianski, Comuna de Colina, 1995

3.- Casa Vilches, Comuna de Peñalolén, 2003

Los principales temas técnicos que se han presentado son los siguientes:

1.- Adecuación de refuerzos del sistema original a la realidad sísmica chilena.

2.- Selección de suelos.

3.- Procedimientos constructivos.

4.- Innovaciones en máquinas y equipos

El resultado de ésta transferencia ha sido exitoso, en la medida que han tenido un buen comportamiento ante los sismos, a un razonable costo y a un buen resultado en cuanto a confort termo-acústico.

Ha existido poca difusión del sistema. Lo anterior especialmente motivado por las conclusiones del comité interinstitucional ADOBE creado con ocasión del sismo de Tarapacá del año 2005, el cuál recomendó la proscripción del uso del material tierra en nuevas construcciones. Honrosas excepciones han sido aplicaciones puntuales que han realizado otros integrantes de la red PROTERRA, tales como el Arquitecto Marcelo Cortés en algunos proyectos particulares.

Un objetivo importante para validar esta tecnología es la normalización del sistema y una adecuada difusión de los beneficios del mismo.

1. PRESENTACION DEL PROCESO

1.1 Génesis del intercambio

Con ocasión de las celebraciones del quinto centenario del descubrimiento de América,se gestó en este continente el programa CYTED (Ciencia y tecnología para el desarrollo). El trabajo del mismo se organizó en una veintena de sub-programas relacionados con la ciencia y la innovación tecnológica. Entre ellos en el Sub programa XIV, “Tecnologías para la vivienda de interés social“, se creó la red “HABITERRA: “Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social “, antecesoar de la red PROTERRA, promotora de éste 13° SIACOT.

El trabajo de la red HABITERRA,se fundamentaba en relacionar instituciones y profesionales que intercambiaran experiencias, conocimientos e investigaciones en la edificación de viendas sociales en tierra. Participaban en ésta red, la casi totalidad de países de Iberoamerica.El programa financiaba el encuentro de especialistas en diferentes lugares de iberoamerica a través de la realización de seminarios y cursos fundamentalmente. Así mismo financiaba publicaciones, las cuales apoyaban las actividades señaladas anteriormente.

Se divulgó el trabajo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Mérida, Venezuela liderado por el Arquitecto Juan Borges Ramos (1992). Ese programa luego de un trabajo de investigación aplicada, generó diversos procedimientos de innovación tecnológica de construcción con tierra, basados en experiencias locales e integrando conocimientos universales acerca de la construcción con tierra. Se desarrollaron diversos prototipos, cuyo comportamiento sismo-resistente fue adecuadamente modelado. Los principales prototipos generados fueron:

PS 4 Bahareque prefabricado

PS 5 Tapia Modificada

PS 6 Adobe machihembrado

PS 7 Adobe mejorado tipo “U“.

PS 8 Bloque modificado de concreto

PS 9 Adobe tipo “vaso“.

Desde las primeras reuniones de la red HABITERRA a principio de los años noventa,el equipo venezolano presentó en los eventos de la misma el desarrollo de estos prototipos, causando el interés de otros miembros del programa.

La solución sismo-resistente se concibe en el prototipo PS mediante la introducción de medias cañas de bambú seccionadas entre hiladas de bloques de tierra comprimida. Estas se disponen entre cada bloque embebidos en una mezcla de suelo mejorado con cemento, adecuadamente atadas y vinculadas unas con otras. Especial importancia cobra la unión solidaria en las esquinas de los proyectos. El principio físico de adherencia para resistir la componente horizontal del sismo de los bloques de tierra compactada es el de roce.

1.2 Antecedentes históricos del uso del tapial en Chile

En Chile, históricamente, el material tierra cruda ha sido utilizado en la construcción del hábitat. Es así como encontramos edificaciones prehispánicas de antigua data, como el poblado Aymára de Tulor en la Región de Tarapacá, al norte de Chile. Este consiste en habitaciones de planta circular (entre 3 m y 4 m) con muros construidos en base a grandes bloques de tierra cruda, similares al tapial y cubiertas de especies arbóreas locales. Se entiende por tapial, la técnica constructiva que utiliza moldes dentro de los cuáles se van compactando mediante pisones capas de suelo tipo arenoso en estado semi–húmedo (Figura 1).

Figura 1. Ruinas asentamiento atacameño de Tulor Comuna de San Pedro de Atacama, Chile (Geo referencia: Lat -22 º,97' Long -68º,23')

Un segundo momento histórico en que se constata la utilización de tierra compactada, es la de ejecución de muros defensivos construidos por el conquistador español. Estos consistían en una doble empalizada de troncos rústicos empotrados en el suelo y rellenos de suelo compactado. En este caso, las paredes utilizadas como moldajes, permanecían como tales luego de su ejecución (Figura 2).

Figura 2. Fabricación de tapial, Enero 1992, Comuna de La Florida, Chile. Foto: H.Pereira

Existen testimonios acerca de la utilización de la tierra en las construcciones agrícolas,

como los del naturalista francés avecindado en Chile, Claudio Gay, quién describe detalladamente la vida del país durante el siglo XVIII. Al respecto escribe Gay[1] (abud Pereira (1990, p. 114) que se "cortaban" adobes y que con ellos se hacían tapias en los campos las que servían de cierros (cercos) para las cuadras (unidades de medida de los campos). Se refiere también el autor a la selección de los suelos, debiendo rechazarse los arenosos y utilizarse los arcillosos; se refiere también al tiempo de duración de las tapias, estableciendo entre treinta y cuarenta años, esto a causa de la constante utilización que hacen los animales de los muros, para frotarse.

No existen antecedentes del uso de la técnica del tapial en la edificación residencial o pública en Chile. Lo anterior contrasta con la utilización de la técnica del tapial en el resto de Iberoamérica y en España en la edificación de viviendas. Ejemplo de lo anterior es la ciudad de Popayán en Colombia o la muralla defensiva de Niebla en España, por citar un par de casos.

1.3 Estado del arte de la edificación de tapial en Chile

Hasta el período de industrialización del sector de la construcción en Chile, acaecido en la década de 1940-50 la construcción en tapial, en áreas rurales tenía un particular modo de fabricación. Generalmente se utilizaban moldes de madera rústica, espesor promedio de 35 mm, con agujas de madera de secciones aproximadas de 50 mm x 75 mm. atadas mediante sogas. Se utilizaba un pisón de madera de un peso aproximado de 12 kg a 15 kg. A la mezcla de suelo más bien arcillosos se le agregaba paja, principalmente de trigo.

Estos grandes bloques conocidos como " adobones" de dimensiones aproximadas de 40 cm x 100 cm x 50 cm se unían en sus caras superiores mediante trozos de ladrillos cocidos o de tejas cerámicas de modo de evitar su ruptura en éste punto en el evento sísmico. En su testera superior se protegían del efecto degradante de las aguas lluvias con un pequeño tejado a dos aguas de tejas cerámicas pegadas con barro o también enramados vegetales sujetos mediantes tablas horizontales dispuestas en la cara superior del muro. (Guzmán, E. 1977 pp 205).

2.- PRESENTACION DE CASOS

Se transfiere el sistema de tapial- reforzado a Chile en los siguientes tres casos:

2.1- Casa Sr. Jaime Pereira, Comuna de Paine,1992, (figura 3)[2]

Esta vivienda de dos plantas, se proyectó otrogando especial importancia se dió a la relación de esbeltéz de muros. La planta baja está constituída por muros de tapial de 0,30 m de espesor y en la zona con dos pisos este es de 0,40 m. El segundo piso está construido en técnica mixta tierra-madera. Propiamente se trata del sistema de "palillaje", el que consiste en proyectar barro en estado plástico, sobre una osamenta de listones de madera bruta de 25 mm X 25 mm distanciados 25 mm.

En el diseño estructural se consideró lo siguiente:
1- Concibieron módulos o "cajas "relativamente simétricas, que disminuyerna efectos físicos mecanicos de torsión.
2- Al considerarse menos masa con el sistema cosntructivo del segundo piso, se logra acerca el centro de masa al nivel de suelo, disminuyendo las solicitaciones a la estructura .
3- Provisión de cadena de amarra superior de hormigón armado, permitiendo transferir adecuadamente los esfuerzos sísmicos.
4- Refuerzos de malla electrosoldada embedidos en una loseta de 5 cm. entre bloques de adobones cada 0,50 m en altura.

El sistema constructivo consideró tierra mezclada con paja de trigo (15 kg/m^3), tablero de compactación de madera de pino radiata de 35 mm de espesor, agujas de hierro acerado de 12 mm de espesor. Lo anterior basado en el antecedente de que en el caso de utilizarse agujas de madera, los vacíos en el interior del tapial que éstas dejan, son fuentes de inicios de rotura estructural en caso de sismos. Se usó pisón de madera rústica de un peso de

10 kg. Se utilizó suelo más bien arcilloso con un porcentaje de paja similar a la del adobe (15 kg/m^3). Los moldes y el pisón de madera fueron fabricados artesanalmente en terreno. Por la alta presencia de piedras en el suelo del lugar se tuvo que harnear (cribar) el suelo con harnero de 8 mm.

Figura 3. Casa Sr. Jaime Pereira G., Comuna de Paine, Chile.Foto J.Pereira
(Geo referencia: Lat -33º,82' Long -70º,91')

2.2- Casa Codriansky, Comuna de Colina, 1995 (figura 4)[3]

Esta vivienda de una planta, se proyectó considerando una relación de esbeltéz de muros de 1:7. Se construyeron muros de tapial de 0,30 m y 0,40 m de espesor.

En el diseño estructural se consideró lo siguiente:
1.-Compatibilidad de estructura de tapial reforzado y metálica. En domitorio principal y estar se dejaron ventanas esquineras por motivos de vistas exteriores .
3.- Provisión de cadena superior y pilarejos esquineros en algunos caso de amarra de hormigón armado, permitiendo transferir adecuadamente los esfuerzos sísmicos.
4.- Refuerzos de malla electrosoldada embedidos en una loseta de 5 cm entre bloques de adobones cada 0,50 m en altura.

El sistema constructivo consideró tierra más bien arenosa sin paja de trigo, tablero de compactación de madera de terciado estructural de espesor de 19 mm, agujas de hierro acerado de 12 mm de espesor y pisón metálico de un peso de 10 kg. Se utilizaron moldes y pisón metálicos. Lo anterior para asegurar una durabilidad adecuada de estas herramientas y de paso economizar tiempo de reparación de las mismas, en el caso que fuesen de madera. Se confeccionaron agujas en base a barras aceradas de 12 mm con hilo. Todas estas definiciones técnicas se tomaron en conjunto con el maestro de obras y equipo, aprovechando la experiencia constructiva de los mismos.

En este caso se utilizó el suelo del lugar mezclando con arena y suelo arcilloso en las proporciones adecuadas.

Figura 4. Casa Sr. León Codriansky en etapa de construcción, Comuna de Colina, Chile Foto H.Pereira. (Geo referencia: Lat -33º,24' Long -70º,71')

2.3.- Casa Vilches, Comuna de Peñalolén, 2003 (figura 5)[4]

Esta vivienda de una planta, se proyectó considerando la relación de esbeltéz de muros de 1:7. Consiste en muros de tapial de 0,30 m y 0,40 m de espesor. En baños y habitaciones menores se utilizó técnica mixta tierra–madera de modo de economizar superficie construída.

Figura 5. Planta Casa Sr. Hugo Vilches, Comuna de Peñalolén, Chile
(Geo referencia: Lat -33º,48' Long -70º,53')

En el diseño estructural se consideró lo siguiente:

1.- Al igual que en la vivienda J.Pereira, se concibieron módulos o “cajas “relativamente simétricas, que disminuyerna efectos físcios mecanicos de torsión.

3.- Provisión de cadena superior y pilarejos esquineros en algunos caso de amarra de hormigón armado, permitiendo tranferir adecuadamente los esfuerzos sísmicos.

4.- Refuerzos de malla electrosoldada embedidos en una loseta de 5 cm entre bloques de adobones cada 0,50 m en altura.

El sistema constructivo consideró tierra más bien arenosa sin paja de trigo, tablero de compactación de madera de terciado estructural de espesor, agujas de hierro acerado de 12 mm de espesor (figura 6). El apisonamiento de la tierra se realizó mediante pisón neumático marca Atlas Copco modelo RAM-30, con un peso de 18,5 kg, 440 golpes por minuto y recorrido del pisón equivalente a 284 mm. Se utilizó para dar presión al pisón un compresor petrolero portátil marca Atlas Copco Modelo UT-8 (1971). La presión del mismo es de 120-150 psi/180 pcm.

Se optó por la mecanización de la faena de compactación mecanizada del suelo. Lo anterior con el propósito de mejorar el rendimiento de obra y lograr una mayor tasa de compactación de los muros .Un profesional ceramista intervino en la selección y dosificación de suelo. Se utilizaron tableros de madera contrachapada de 18 mm.

Figura 6. Sistema de apisonamiento de tableros de madera contrachapada Foto H.Pereira

3. CONCLUSIONES

3.1 Sistema constructivo

La técnica de tapial está prácticamente olvidada en Chile, excepto en algunas áreas rurales específicas. Se comenzó por indicar la conveniencia de no utilizar material vegetal como la paja de trigo al igual que en el adobe, ya que era la técnica constructiva ancestralmente conocida. Lo anterior debido a que esta tiende a degradarse con el paso del tiempo,

disminuyendo la resistencia de los muros de tierra.

Se tiende a utilizar moldes de mayor durabilidad. La compactación es una faena dura que tiende a romper los tableros normales. Se recomienda utilizar materiales durables para esta faena.

3.2. Normalización, generación de normas de construcción

Otro asunto que cobra enorme importancia en Chile, es la ausencia de norma de edificación en tierra en general y en tapial en particular. Al tratarse de sistemas marginados de la industria de la construcción y del sistema económico, el devenir de la normalización es prácticamente nulo.

Más bien, en Chile han existido instancias de elaboración de manuales y textos de estudios a escala universitaria, con escaso o nulo impacto en proceso de normalización. Recientemente, a raíz del mega terremoto del 27 de Febrero de 2010 (Richter 8.8), la autoridad ha tomado consciencia de la necesidad de por lo menos cautelar normativamente las intervenciones en edificaciones patrimoniales de tierra. Con antelación al sismo del 28 de Febrero de 2010, se creó en el Instituto de la Construcción, la comisión de construcción patrimonial, avocada a elaborar una norma nacional de cálculo estructural en edificios patrimoniales de tierra. Lo anterior motivado principalmente por el Ministerio de obras públicas y su cartera de proyectos de puesta en valor de la cartera del B.I.B. (Banco Interamericano de desarrollo). Posteriormente, a raíz del terremoto del 28 de Febrero de 2010, el trabajo de ésta comisión se coordinó con el del Ministerio de vivienda y urbanismo, en un conjunto de normas de construcción a que se requerían en relacionadas con el proceso de reconstrucción. Actualmente se encuentra en elaboración la norma chilena N.Ch. 3332 c.2012, “Estructuras-Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda-requisitos del proyecto estructural”.

El alcance de la norma anteriormente citada se refiere exclusivamente a la intervención del patrimonio. Lo anterior constituye un avance en el estudio y análisis de la estructura de edificaciones patrimoniales de tierra. Desde ya es un avance el abordar la edificación patrimonial y es de esperar que en un futuro cercano se aborde normativamente la nueva edificación en tierra y especialmente la de tapial. El contar con norma permitiría generar un mercado confiable, desde el punto de vista estructural.

3.3. Comportamiento sísmico

El último gran sismo del 27 de Febrero de 2010 no afectó las construcciones anteriormente presentadas. Lo anterior debido a su adecuado diseño sismo-resistente refrendado en dos caso, casa Codriansky y casa Vilches en cálculo estructural.

A raíz del destructivo sismo de Junio de 2005 en la Región de Tarapacá, el Instituto de la Construcción, organismo multilateral respondió al encargo de la Ministra de la Vivienda de ese momento, Arquitecta Sra. Sonia Tschorne B. con el informe técnico “Adobe “ en Julio de 2005, desaconsejando el uso de la tierra monolítica en construcción[5]. En éste comité participaron representantes de las siguientes instituciones: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas, Universidad Central de Chile, Universidad Católica de Chile, Universidad de Chile, Colegio de Arquitectos de Chile, Colegio de Ingenieros de Chile, ACHISINA (Asociación chilena de sismología e Ingeniería antisísmica y AICE (Asociación de ingenieros civiles estructurales).

Si bien la instancia contribuyó al encuentro de diferentes instituciones y técnicos en torno al tema, emitió conclusiones que tendían a proscribir el uso de sistemas monolíticos en tierra como el tapial y el adobe en la construcción.

Este informe constituyó un registro de la posición contraria a la edificación en tierra, en importantes instituciones del ámbito de la ingeniería y construcción a nivel nacional. Quizás una excepción fue el aceptar los sistemas de técnicas mixtas de tierra madera, en que el compromiso estructural portante es de éste último material.

3.4. Difusión

Si bien ha sido complicada la difusión generalizada de ésta técnica, esta ha sido acogida por miembros nacionales de la red Proterra. Es el caso de la aplicación de tapial reforzado por parte del Arquitecto Marcelo Cortés en el Centro de Ecología Aplicada[6]. La técnica ha despertado gran interés, sin embargo, no se ha difundido lo suficiente por falta de voluntad institucional y particular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS :

Borges, J. et al (1992). *Manuales de autoconstrucción (PS 4 Bahareque prefabricado, PS 5 Tapia Modificada, PS 6 Adobe machihembrado, PS 7 Adobe mejorado tipo "U",PS 8 Bloque modificado de concreto, PS 9 Adobe tipo "vaso"). Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura, Mérida. República de Venezuela. Convenio de cooperación para la investigación de la vivienda y los asentamientos rurales ULA-MSAS-CONICIT*.

Guzmán, E. (1977). *Curso de edificación.* Capítulo IV. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Pereira, H (1990). Revalorización del material tierra en la arquitectura chilena. En: *Adobe 90 - 6th Internacional conference on the conservation of earthen architecture* .Oct. 1990 Las Cruces, New Mexico, U.S.A.

Notas

[1] En: *Manuscritos sobre las costumbres generales de Chile.V-19 Archivo Nacional, Catálogo Gay-Morlán 1771,12,23,56,58.* Santiago de Chile, citado por Pereira, 1990.

[2] Arquitecto: Hugo Pereira G. Autoconstrucción.

[3] Arquitectos: Hugo Pereira G. y Carmen Luz Escobar, U. Constructora: Domus Ltda. Calculista: Sergio Rojo A.

[4] Arquitecto: Hugo Pereira G. Constructor: Hugo Pereira G.. Calculista: Luis Leiva y Asociados.

[5] En éste informe se consigna lo siguiente en conclusión n°2: *No se recomienda bajo ninguna condición la construcción ni reconstrucción de vivienda cuya estructura dependa de la tierra cruda, cualquiera sea éste su sistema constructivo, adobe tradicional, albañilería de adobe, tapial, etc., en tanto la tierra cruda es un material cuyo comportamiento no se puede predecir dado que no se controla su fabricación ni sus materiales, no se pueden conocer los patrones de cálculo, por lo tanto, no se puede verificar su estabilidad aplicando la Norma N Ch. 433 Of. 96 (Norma de diseño sísmico de edificios).*

Lo anterior se hace extensivo a cualquier otro material cuyo comportamiento no sea posible calcular actualmente, tal como la construcción en base a estructura de piedra etc. "

[6] Este se ubica en Avda. Príncipe de Gales N ° 6465, éste centro aplicó moldajes metálicos en la elaboración de los tapiales.

Currículo

Hugo Pereira Gigogne, Arquitecto, miembro de ICOMOS y Red Iberoamericana PROTERRA. Especialista de curso de postítulo en el área de la restauración patrimonial de la Universidad de Chile, docente Universidad Tecnológica Metropolitana, analista SERVIU RM-MINVU, Premio "Fermín Vivaceta" 2000, Colegio de Arquitectos de Chile.

ECOVILLA TUNDUQUERAL: UN CASO DE ARQUITECTURA CON TIERRA LEGALIZADA EN ARGENTINA

Leandro Velez, Carolina Perez

Perez & Velez Arquitectos Asociados Maipú 142 - Godoy Cruz - Mendoza
Tel. (+0261) 4241643
arqvelez@hotmail.com

Palabras claves: arquitectura de tierra, diseño bioclimático, tecnologías mejoradas, legalización, cooperativismo

Resumen

Los ejemplos de arquitectura contemporánea con tierra construidos en el marco del desarrollo de la Ecovilla Tunduqueral representan un importante precedente en la legalización de las técnicas de construcción con ese material para zonas con alta incidencia sísmica y un aporte en los distintos ensayos de tecnologías y materiales autóctonos.

La Ecovilla se ubica en el Valle de Uspallata, provincia de Mendoza, República Argentina. Es un emprendimiento de carácter privado, cuyo Máster Plan se desarrolla en forma integral sobre criterios sostenibles y pautas permaculturales. Emplea en su construcción materiales de la zona y tecnologías mejoradas con tierra y cuenta con la participación de la población en la mano de obra.

Ante las limitaciones de los planes actuales de vivienda para zonas rurales, (que no se adecuan a las necesidades del poblador, y que no conciben al hábitat como una unidad ecoproductiva), la Ecovilla aporta soluciones concretas. Fomenta el comercio justo mediante el intercambio, y a través de la construcción mancomunada promueve el cooperativismo y asociativismo.

La presente ponencia muestra cuatro proyectos de arquitectura, desarrollados en la Ecovilla Tunduqueral por el estudio Perez & Velez Arquitectos. Asociados en los que se emplean nuevas aplicaciones de técnicas y materiales milenarios como quincha, fardo embarrado y tapia, concebidos dentro de diseños bioclimáticos de vanguardia.

1. LA RURALIDAD EN LA PROVINCIA DE MENDOZA

La provincia de Mendoza cuenta (según el Censo Nacional de Población y Viviendas de 2010) con casi 1.741.6100 habitantes que ocupan 560 mil viviendas, de las cuales más del 79% están ubicadas en áreas urbanas.

La segregación social y territorial de la pobreza en los departamentos rurales afecta a más de 300.000 personas, y a un 20,7% de las viviendas de la provincia que tienen los doce departamentos rurales.

La vivienda es uno de los factores principales para el desarrollo y a su vez es uno de los ejes estratégicos para llevar adelante el ordenamiento territorial de la provincia.

La carencia de soluciones concretas a la problemática de hábitat en zonas rurales, la falta de inversión de infraestructura, la falta de planes de vivienda adaptados a las nuevas tendencias de ruralidad (entendiendo la misma, como una unidad ecoproductiva), son los puntos de partida para el análisis de aplicaciones concretas en el Valle de Uspallata, Departamento de Las Heras, Mendoza.

La situación problemática de la vivienda rural en la provincia guarda relación con los siguientes factores:

- El financiamiento para zonas rurales, no se adecua a las necesidades reales para mejorar la calidad de vida de los habitantes; mejorar la accesibilidad a servicios y equipamientos y gestionar ayudas para regularizar la tenencia de viviendas.

- Los programas de vivienda, no se adecuan a las necesidades rurales actuales de hábitat, no se aprovechan los recursos naturales para el uso constructivo, no se entiende la vivienda como una unidad ecoproductiva, ni se promueve el arraigo y la tradición local.
- Carencia de normalización y reglamentación de técnicas constructivas indígenas y coloniales de arquitectura de tierra en la provincia de Mendoza.
- Falta de programas de capacitación asociativistas y cooperativistas para desarrollos de autoconstrucción asistida en áreas rurales.
- Desconocimiento de las técnicas y sistemas vernáculos como solución real a la preservación de nuestro patrimonio arquitectónico.

Una de las más grandes manifestaciones espaciales de la historia de la humanidad ha sido el crecimiento demográfico y con él la expansión física de las ciudades, ésta última se presenta como una característica significativa de los espacios urbanos contemporáneos, especialmente por una marcada expansión en sus áreas periféricas. En las regiones en desarrollo del planeta el proceso de urbanización

> *tiene una importante deficiencia en la planeación y gestión de las ciudades, o quizás por eso mismo se explica que actualmente se presenten severos riesgos de sustentabilidad de sus ciudades con complejos problemas sociales, económicos y ambientales aún por resolver* (Aguilar-Medrano, 2009, 183).

Siendo preciso *integrar las políticas de vivienda, de equipamiento social y servicios básicos con las estrategias de desarrollo y ordenamiento territorial y urbano* (Lentini, 2012, 32).

La emigración tiene mucha importancia en la geografía rural de la provincia de Mendoza, con significado tanto demográfico como económico, esto se debe a la falta de presupuestos de infraestructura y planes acordes de vivienda entre otras problemáticas.

La arquitectura en zonas rurales debe considerar premisas medioambientales, explorando las relaciones entre edificios y medio natural que lo envuelve, entre "arquitectura" y "lugar", entre "forma" y "clima", entre "urbanismo" y "regionalismo". Desarrollado en tres partes: clima y su relación con el ser humano; la interpretación de las acciones del clima en clave arquitectónica y a su aplicación en la arquitectura y el urbanismo (Olgyay V., 1998).

Desde el año 1979 se han realizado estudios concretos referidos a las prácticas y normativas de construcción con tierra en el mundo (Cid Falceto et al, 2011). En estos estudios se vislumbra la necesidad emergente de revalorizar dichas prácticas.

El concepto “arquitectura de tierra” es conocido y aceptado en general para identificar todo tipo de manifestación en el hábitat construido, en el cual la tierra es el material principal o el único, denominación que se adopta en adelante.

Este concepto fue debatido recientemente por el Proyecto Proterra, para el cual se debe incluir *el conjunto de todas las manifestaciones constructivas, arquitectónicas y urbanísticas que han sido proyectadas y construidas con la tierra como material predominant*e (Neves, 2004).

Según los variados estudios de la relación entre arquitectura y construcciones aborígenes APa (Caeiro, 2000, 2009) se destaca el análisis de las figuras arquitectónicas y la puesta en valor patrimonial y social de hábitat con las estas soluciones.

En el campo de las técnicas constructivas surgieron innovaciones que incluyeron cambios en la preparación del material, en el diseño de equipos y molderías, y en la organización de la obra. Hubo también iniciativas orientadas a racionalizar las técnicas tradicionales que motivaron cambios tales como la reducción dimensional de los componentes básicos, menor espesor en los muros y, en general, una aceleración de los tiempos constructivos. (Rotondaro, 2007)

Existe el desafío de legislar para poder contar con una normalización de fácil acceso y reconocida internacionalmente, adecuada y suficiente para apuntalar la confianza en la tierra como material constructivo. Si bien hay avances importantes en diversos países y contextos

de aplicación, las normas establecidas no alcanzan para la tarea en el terreno gubernamental, ni como instrumentos de confiabilidad para la sociedad y sus organizaciones. Es el caso de la normativa específica para construir con tierra en zonas sísmicas, cuyo debate forma parte de la agenda de muchos países, así como también el caso de la poca credibilidad en cuanto a las resistencias y la durabilidad de las construcciones de tierra, algo que se refleja en los códigos y normas nacionales (Rotondaro, 2007).

La vivienda y la problemática habitacional rural, serán el abordaje de la presente ponencia, teniendo como marco el ordenamiento territorial y el aporte de soluciones de hábitat a una nueva ruralidad en zonas desérticas con incidencia sísmica 4.

Se plantean entonces, los siguientes interrogantes:

¿Las características de la arquitectura de tierra pueden constituirse en una herramienta que brinde beneficios a la calidad de vida de los habitantes de zonas rurales?

¿Pueden las comunidades rurales entender un nuevo enfoque de desarrollo habitacional?

¿Soluciones concretas de hábitat para zonas rurales, fortalecerá el arraigo a las comunidades rurales?

¿Cuáles deberían ser los elementos a tenerse en cuenta para la construcción de un modelo de desarrollo para viviendas rurales que atiendan las particularidades y necesidades de los territorios en las áreas desérticas con incidencia sísmica?

¿Qué planes de vivienda se deberían construir o adoptarse para lograr un desarrollo territorial sostenible en zonas rurales?

¿Qué antecedentes técnicos legales, sobre tierra en zona sísmica, existen en el mundo y en el país?

¿Qué técnicas o sistemas constructivos de tierra, son viables para el área rural con incidencia sísmica?

El objetivo general del artículo es describir y aplicar técnicas y sistemas constructivos en zonas rurales de incidencia sísmica 4 para la mejora de vida de las comunidades rurales.
Como objetivos específicos, se pueden apuntar: a) Dar a conocer la aplicación concreta de técnicas constructivas de tierra legalizadas, con el objetivo de aportar información técnica sobre obras insertas en la región con la mayor sismicidad del país; b) Proponer escenarios futuros sobre vivienda rural como unidades habitacionales eco productivas, incorporando energías renovables y variables claves tecnológicas y culturales.

2. ECOVILLA TUNDUQUERAL

2.1 Antecedentes

No existen precedentes sobre Ecovillas con construcciones de tierra legalizadas en la provincia, por lo que se toma como antecedente el caso de la vivienda Bertini, primer proyecto de arquitectura de tierra aprobado en la Provincia de Mendoza.

En el año 2008, se encomienda al estudio Perez y Velez arquitectos asociados, el desarrollo de un proyecto de vivienda unifamiliar para la zona rural del Valle de Uspallata, departamento de Las Heras, Provincia de Mendoza.

Las premisas de diseño, se basaron en criterios bioclimáticos, y la clara intención de utilizar materiales de la zona tales como piedra, madera y barro, elaborando un proyecto respetuoso del sitio y las tradiciones constructivas.

A sabiendas de la inexistencia de antecedentes de obras de arquitectura de tierra aprobados en la provincia, se procede a investigar cual es la técnica o sistema constructivo apto para la zona con mayor actividad sísmica del país.

Se dejan de lado los sistemas autoportantes, como el adobe o la tapia, y toma fuerza la idea de emplear la tierra como cerramiento.

La tierra utilizada como material de construcción para cerramiento, sumado a una estructura que verifica a esfuerzos sísmicos mediante los cálculos estructurales pertinentes, posibilitaron legalizar la primer obra de tierra de la Provincia de Mendoza.

Casa Bertini – Lavigna – Vivienda unifamiliar
Propietario: Renato Bertini, Gabriela Lavigna Expte. Núm.: 2369 – B - **09**
Superficie cubierta: 178 m^2
Proyecto y Dirección Técnica: Arq. Carolina Perez Mat. A 2318;
Arq. Leandro Velez Mat. A 1843
Calculo Estructural: Ing. Rafael Licciardo Mat. A 4544

Memoria descriptiva:

La idea fuerza de la casa Bertini, se evidencia en su distribución interior, generando espacios continuos con una estrecha relación exterior – interior, privilegiando el emplazamiento de las aberturas y expansiones semicubiertas y acercando el paisaje circundante a los espacios de uso diurno.

El sol atraviesa los espacios principales de doble altura y penetra luego en el resto de las dependencias.

La eficacia energética se ve mejorada gracias a soluciones que aporta el diseño del proyecto, como la ventilación pasiva, el aprovechamiento de luz natural y de sombra generada por la vegetación circundante.

La carpintería de aluminio con doble vidrio impide la entrada de aire frio y retiene el calor interior.

Además se dispone de un sistema fotovoltaico de cuatro kilovatios que aporta aproximadamente el 85% de la energía requerida.

Estructura:

La misma se construye sobre fundaciones de hormigón ciclópeo y vigas de vinculación de hormigón armado. La estructura de sus dos niveles esta realizada en madera de eucaliptus canteada por sus cuatro caras, y se ve anclada a la viga de fundación a través de pernos de expansión y entre sí a través de platinas y pernos (Figura 1).

Técnicas aplicadas:

Como cerramiento se utiliza la técnica de quincha o muro fajina, con un entramado de listones dobles, cada 10 cm. en sentido horizontal y revoque de tierra, arcilla y paja. En el caso de los revoques finos se emplea arena, arcilla y engrudo, con aceite de lino para su impermeabilización (Figura 2)

En el volumen de acceso, se combina la quincha y la piedra color oxido (extraída del valle de Uspallata) en una pantalla curva. En el nivel superior destaca la caja muraria de madera en voladizo.

Las cubiertas de madera inclinada constan de doble machihembrado con la finalidad de retener la energía interior de la vivienda y membrana geotextil para su impermeabilización.

Ubicación

La Ecovilla se ubica sobre la ruta provincial n. 52, Las Bóvedas, Uspallata, departamento de Las Heras, a 110 km de la capital mendocina. El valle de Uspallata es una depresión originada durante la era terciaria, a 1.900 metros sobre el nivel del mar. Un oasis de terreno verde, de aproximadamente 15 km^2 de superficie, de terreno rico de agua proveniente de Los Andes, ubicado entre la Cordillera y la Pre cordillera, rodeado de montañas que van desde los 3.500 m hasta 7.000 m de altura.

Figura 1 – Vivienda familiar. Vivienda Bertini – Lavigna

Figura 2 Vista Sur, Vivienda Bertini – Lavigna

Máster Plan

Se elige para su emplazamiento un terreno de 24 hectáreas, plano, con derecho de riego desde el tiempo de los Incas, gracias al Canal San Alberto que pasa a su lado.

Sector privado:

Se destinan 8 hectáreas repartidas en 33 lotes de un mínimo de 2.000 m^2 a un máximo de 2.700 m^2 para viviendas particulares.

Otras 11 hectáreas, a terreno para cultivo y centro para la elaboración y la transformación de productos, que deberán garantizar la supervivencia alimentaria a los habitantes de la aldea.

Sector público

El resto del predio se destina a la construcción de un circuito de salud para visitantes ocasionales y residentes, que comprende: Centro de terapias alternativas, para tratamientos de salud, Salón de usos múltiples para convenciones y cursos, Eco hostel, Restaurant, Camping y otros espacios para actividades recreativas varias: piscina cubierta, canchas de tenis, campo de mini futbol, paseos a caballo, estanques y espacios verdes para la meditación, entre otros (ver Figura 3).

Las premisas del Máster Plan se basan en los criterios del diseño bioclimático integral, incorpora la utilización de energías renovables y sistemas de tratamientos de efluentes. Contempla la bioconstrucción como una forma respetuosa de dialogar con el sitio y las tradiciones constructivas originarias, y propicia la autoconstrucción asistida, mediante distintas acciones asociativistas y cooperativistas.

Se analizará el proyecto del SUM (proyecto 1), ubicado en el sector público, y tres proyectos de vivienda unifamiliar, en distintas etapas de ejecución, (proyecto 2, 3 y 4) ubicadas en el sector privado.

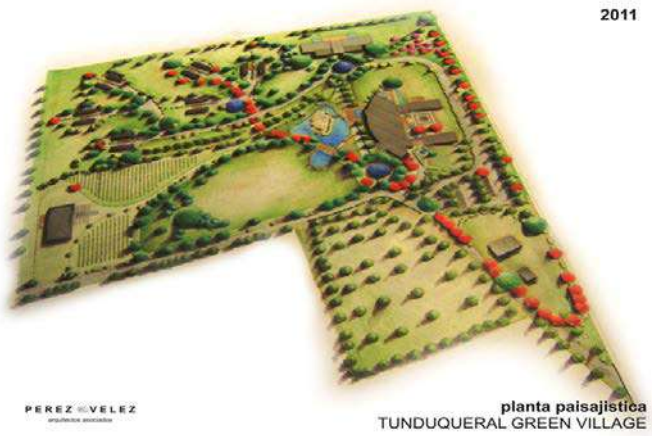


Figura 3 – Master Plan – Eco villa Tunduqueral

Proyecto 1 – Salón de Usos Múltiples – SUM; 7368 – '97
Propietario: Tunduqueral S.R.L.
Superficie cubierta: 320 m^2
Ubicación: Ruta Provincial Nº52 s/n. Las Bóvedas. Uspallata. Las Heras
Proyecto y Dirección Técnica: Arq. Carolina Perez Mat. A 2318
Arq. Leandro Velez Mat. A 1843
Calculo Estructural: Ing. Rafael Licciardo Mat. A 4544

Memoria descriptiva:

El edificio se reserva a actividades culturales, meditativas, de recreación y práctica de deportes.

La idea generadora radica en elevar del nivel de terreno natural el cuerpo arquitectónico propiciando un diálogo directo entre el espacio interior y la copa de los arboles. Se trata de un volumen transparente, de lineamientos orientales (doggio japonés), que se fusiona con el entorno por su simpleza y permite que la luz invada el espacio interior en distintas horas del día. Los grandes aleros protegen una galería periférica que extiende los espacios interiores y aprovecha las mejores vistas del paisaje.

En el desarrollo del diseño bioclimático, se tiene en cuenta el mejor aprovechamiento de la incidencia solar, la ventilación pasiva, y además se refrescan las brisas cálidas del oeste a

través de un bioestanque proyectado para tal fin, donde proliferan la fauna y flora autóctonas. La carpintería de aluminio con doble vidrio impide la entrada de aire frio y retiene el calor interior.

Con el criterio de optimizar y retener la energía se diseñan los pisos y las cubiertas con doble machimbrado. Se proyecta para la techumbre la realización de un techo vivo en el que se empleen especies vegetales nativas.

Estructura:

Se construye sobre fundaciones de hormigón ciclópeo y vigas de vinculación de hormigón armado. La estructura se encuentra realizada en madera de eucaliptus canteada por sus cuatro caras, y se ve anclada a la viga de fundación a través de pernos de expansión y entre sí a través de platinas y pernos.

Para las cabriadas se utiliza un sistema reticulado en madera de eucaliptus, sujeta a la estructura mediante platinas y pernos.

Técnicas aplicadas:

Como cerramiento se utiliza la técnica de quincha o muro fajina, con un entramado de listones dobles, cada 10 cm en sentido horizontal y revoque de tierra, arcilla y paja. En el caso de los revoques finos se emplea arena, arcilla y engrudo, con aceite de lino para su impermeabilización.

Figura 4 – Salón de usos múltiples

Proyecto 2 (Figura 5)

Casa Mazzoli – Vivienda unifamiliar Expte, N. 1265 – M - 12
Propietario: Graziano Mazzoli
Superficie cubierta: 96 m^2
Ubicación: Ruta Provincial Nº52 s/n. Las Bóvedas. Uspallata. Las Heras
Proyecto y Dirección Técnica: Arq. Carolina Perez Mat. A 2318
Arq. Leandro Velez Mat. A 1843
Calculo Estructural: Ing. Guillermo Montivero Mat. A 8631

Técnicas aplicables:

La técnica de quincha posee una estructura conformada con rollizos de álamo o eucaliptus de 0,2 m de diámetro en columnas. En vigas y techo, el diámetro resulta menor 0,16 m mínimo. Las fundaciones y vigas de fundación por código se deben realizar en hormigón. Las columnas se vinculan a la viga de fundación a través de platinas y pernos de expansión. Las columnas, diagonales y vigas de madera, se vinculan a través de platinas metálicas (Figura 5).

El entramado se realiza en la totalidad de la construcción con caña castilla de 2 a 4 años colocadas en forma horizontal cada 10 cm y el relleno empleado con mezcla de arena, arcilla y fibras vegetales (coirón).

Figura 5 – Vivienda Mazzoli

Proyecto 3

Casa Faro – Vivienda unifamiliar – Expte. Núm.: 455 – M - 12
Propietario: Massimo Moro
Superficie Cubierta: 170 m^2
Ubicación: Ruta Provincial Nº52 s/n. Las Bóvedas. Uspallata. Las Heras
Proyecto y Dirección Técnica: Arq. Carolina Perez Mat. A 2318
Arq. Leandro Velez Mat. A 1843
Calculo Estructural: Ing. Guillermo Montivero Mat. A 8631*Técnicas aplicables:*

Figura 6 – Casa Faro

Paja encofrada que consiste en rellenar un encofrado de madera con paja y arcilla liquida compactadas con un pisón. La medida de tablero utilizado fue de 2 m de largo por 0,50 m de altura.

<u>Proyecto 4</u>

Casa Octógono – Vivienda unifamiliar = Expte. Núm.: 478 – P - 12
Propietario: Gianluca Pescenti
Superficie cubierta: 107 m^2
Ubicación: Ruta Provincial Nº52 s/n. Las Bóvedas. Uspallata. Las Heras
Proyecto y Dirección Técnica: Arq. Carolina Perez Mat. A 2318
Arq. Leandro Velez Mat. A 1843
Calculo Estructural: Ing. Guillermo Montivero Mat. A 8631

Técnicas aplicables:

Quincha: Idem Proyecto 2; Paja encofrada: Idem Proyecto 3

Figura 7 – Casa Octogono

3. REFLEXIONES FINALES

La arquitectura de tierra, figura entre las tradiciones constructivas más primitivas del mundo y es una solución concreta de hábitat.

Desarrollada a partir de los recursos disponibles en el lugar y con las restricciones que el medio le impone, se trata de una tradición acrecentada a partir del conocimiento empírico trasmitido de generación en generación. Además de utilizar el material que más abunda en el planeta, no consume energéticos para su elaboración, no genera contaminantes o residuos, es de fácil construcción y reparación dado que no requiere casi de mano de obra calificada, propicia un eficiente confort térmico al regular la humedad y la temperatura, posee una reducción de costos de un 40%. Y es utilizada en la actualidad (con tecnologías mejoradas) en el país y en el mundo.

Existen normativas, ordenanzas y códigos de edificación que deben ser tenidos en cuenta para su aplicación, teniendo en cuenta que la Provincia de Mendoza es considerada, la zona de mayor actividad sísmica del país (zona sísmica 4).

La arquitectura de tierra contiene en su esencia una mayor capacidad de convivencia con este medio de diagnóstico tan preocupante de degradación, y puede participar en frenar las causas fundamentales que provocan estos síntomas.

La revisión en la historia de la producción arquitectónica apropiada, que ha demostrado con su uso comportarse en equilibrio con su medio, contiene en su saber los datos necesarios para colaborar en la reformulación de nuevos modelos de aplicación que impacten de manera sostenible en nuestro mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar y Medrano A. (2009). *Geografía y territorio. Procesos territoriales y socio espaciales aproximación desde Iberoamérica* (Coordinador: Ángel Massiris Cabeza). Editorial Uptc. Tunja -Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia

Borsotti, C. A., (2007). *Ciencias de metodología de la investigación: en ciencias sociales empíricas*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores - 31-32 p.

Caeiro, (2000, 2009). *El aborigen y las imágenes*. Thenative and theimages - Martín Rodríguez Caeiro (Universidad de Vigo, España)

Cid Falceto, Jaime; Ruiz Mazarron, Fernando; Cañas Guerrero, Ignacio (2011). *Las normativas de construcción con tierra en el mundo*.

Lentini, Mercedes (2012). *La política de vivienda como política social*. Capítulo de libro preparado para su publicación en el marco de las actividades del Proyecto PICT-2007-02086, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica- Argentina

Neves, C. (2004). “Proyecto 6 proterra/Cyted”. Seminario Internacional de Construcción con Tierra. Cyted/habyted-proterra. Memorias en Cd-rom. San Salvador, 21 al 23 Setiembre 2004. El Salvador

Olgay V., Gili G. (1998) *Arquitectura y clima*. Manual de diseño bioclimatico para arquitectos y urbanistas

Rotondaro, 2007. Arquitectura de Tierra Contemporánea: Tendencias y Desafíos. 344–352p.

Currículo

Leandro Velez, Arquitecto, Doctorando en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional de Cuyo. Director de C.I.D.E.P. (Centro de Investigación y Desarrollo en Permacultura) sede Cuyo, Instructor Bioconstruyendo, Coordinador de Desarrollo Rural y Bioarquitectura, Municipalidad de Las Heras, Mendoza. Director del Estudio Perez & Velez Arquitectos Asociados. Coautor del proyecto de formación del Instituto de Bioarquitectura de la F.A.U.D, Universidad de Mendoza.

Carolina Perez, Arquitecto, Maestrando en Patrimonio Artístico y Cultura en Sudamérica Colonial, U.B.A., Docente de la F.A.U.D , Universidad de Mendoza y de la F.A.U., Universidad de Congreso. Director del Estudio Perez & Velez Arquitectos Asociados. Coautor del proyecto de formación del Instituto de Bioarquitectura de la F.A.U.D., Universidad de Mendoza.

VIVIENDA RURAL DE ADOBE TECNIFICADO PARA LAS ZONAS BOSCOSAS: UNA OPORTUNIDAD DE DESARROLLO PARA LOS ASENTAMIENTOS IRREGULARES DEL NEVADO DE TOLUCA

Mercedes Ramírez Rodríguez[1], Jesús Aguiluz León[2], Ramón Gutiérrez Martínez[3]

Facultad de Arquitectura y Diseño Coordinación de Investigación y Posgrado, Ciudad Universitaria, Cerro de Coatepec S/N Toluca, Estado de México, C.P. 50110 Tel. (722) 2140414, Ext. 157
[1]merrramirez@yahoo.com.mx; [2]fad_pydes@yahoo.com.mx; [3]dr.ramongutierrez@yahoo.com.mx; investigaciónyposgrado@yahoo.com.mx

Palabras claves: Desarmable, sistema constructivo de ahorro de materiales, economía de agua.

Resumen

El presente artículo tiene por objeto describir, en forma concreta, el desarrollo de un prototipo de vivienda de adobe tecnificado, sustentado por un diseño que ha tomado en consideración algunas ecotecnologías para las viviendas ubicadas como asentamientos irregulares, dentro de un importante territorio del Parque Nacional del Nevado de Toluca, espacio natural protegido por Decreto a principios del siglo XX.

Con este prototipo se pretende aprovechar los recursos naturales, preservar el medio ambiente e incidir en el mejoramiento de calidad de vida de las personas de diversas localidades y comunidades vecinas, al recurrir a estrategias viables y muy benéficas: un sistema de autoconstrucción (que puede replicarse con facilidad), un sistema de ahorro (generado por el reducido desperdicio de adobe, cancelación de acabados y mantenimiento mínimo), además del establecimiento de ecotecnologías.

1. INTRODUCIÓN

El crecimiento acelerado de los asentamientos irregulares, localizados en el área natural protegida del Parque Nacional del Nevado de Toluca (Decreto 25-01-1936)[1], requiere una atención integral que contemple nuevas propuestas de vivienda para beneficiar a la población, además de garantizar el respeto y la interacción con el medio ambiente.

Dadas sus particularidades –ubicación, densidad poblacional y entorno social– resulta viable diseñar y edificar viviendas con la perspectiva teórica de la arquitectura bioclimática, cuyo concepto prevé un proyecto arquitectónico que incluye que la orientación de la vivienda sea la adecuada, así como la correcta designación para colocar ventanas, a efecto de asegurar ventilación y confort térmico, en estrecha relación con ecotécnicas, es decir, el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y materiales y permite la elaboración de productos y servicios, así como la utilización de materiales diversos para la vida cotidiana; es por ello que se propone lo siguiente: como la colocación de focos ahorradores, economizar el uso del agua mediante la instalación de inodoros de dos pasos e instalar calentadores solares o celdas fotovoltaicas (Gobierno del Estado de México, 2012).

Actualmente, en las localidades pertenecientes al polígono del área natural protegida del Parque Nacional del Nevado de Toluca, viven 295 familias que se han establecido como asentamientos irregulares y población marginal (CONAPO, 2010).

Los datos oficiales, así como la investigación de campo, demuestran que en las viviendas prevalecen las siguientes problemáticas: inadecuado diseño, mala orientación y carecen de materiales térmicos (Tablas 1 y 2, figuras de la 1 a 8).

Tabla1. Características de la vivienda

Concepto	Material	Porcentaje	Núm. de viviendas
Pisos	mosaico	2,05	6
	tierra	42,04	124
	concreto	55,9I	163
muros	tabique	27,12	80
	cartón	2,71	8
	madera	70,17	207
techos	teja	1,03	3
	lámina	7,80	23
	madera	68,13	201
	cartón	4,06	12
	concreto	18,98	56
		100 %	**295**

Tabla 2. La vivienda y los servicios

Concepto	Porcentaje	Núm. de viviendas
cocina	93,22	275
baño	12,20	36
agua	71,18	210
electricidad	88,47	261

Fuente: Elaboración propia, basado en datos oficiales del INEGI (2010) e investigación de campo (2012)

De manera específica, de la tabla 1 se puede mencionar que 76% presenta pisos de tierra, 80% carece de excusados y drenaje y 65% no cuenta con energía eléctrica, además de que 71% presenta algún nivel de hacinamiento. En la tabla 2, se percibe que de las 295 viviendas, 83% tiene cocina de humo, 92% cuenta con baños en el exterior; 71% carece de agua entubada y 88% cuenta con electricidad.

Los datos anteriores se pueden constatar con las imágenes que se presentan a continuación, tomadas en la investigación de campo.

La figura 1 muestra cómo la mayoría de las viviendas carecen de una orientación correcta, así como de una inadecuada colocación de ventanas. Lo que implica espacios sin aprovechamiento del sol, es decir viviendas frías. La figura 2 permite observar que las viviendas del Nevado de Toluca no utilizan materiales adecuados para enfrentar los drásticos cambios climáticos y las bajas temperaturas de las zonas boscosas.

Figuras 1 y 2: Viviendas del Nevado de Toluca. Imágenes: Ramírez, 2012.

Con la figura 3 se registra que la mayoría de las viviendas presenta techos de lámina. Es un hecho que existen problemas de infiltración y humedades tanto en cubiertas como en muros. La figura 4 exhibe los excusados deficientes y nulas redes de servicios de drenajes, lo que ocasiona serios problemas de salud.

Figuras 3 y 4. Viviendas del Nevado de Toluca. Imágenes: Ramírez, 2012.

Las características de las viviendas permiten mostrar algunos indicadores que describen el índice de marginación:

- Sólo 42% de las viviendas cuenta con pisos de tierra.
- 80% carece de excusados y drenaje.
- 65% no tiene energía eléctrica.
- 71% presenta algún nivel de hacinamiento.

Adicionalmente, 98% de la población no concluyó la primaria y 92% carece de bienes que le impide gozar una vida un tanto “práctica” (refrigerador, lavadora, computadora, etc.)

2. PROTOTIPO DE VIVIENDA RURAL DE ADOBE TECNIFICADO PARA LAS ZONAS BOSCOSAS

Con los datos anteriores, resulta oportuno justificar la propuesta de diseño y construcción de un prototipo de vivienda rural de adobe tecnificado con ecotecnologías, cuyo interés principal es aportar, desde la academia, una posible respuesta al problema de vivienda de las localidades del Parque Nacional Del Nevado de Toluca.

El bajo costo de la vivienda rural de adobe tecnificado se relaciona con los sistemas de ahorro en la construcción y las energías alternas, aprovechando los recursos naturales, sin dañar el medio ambiente. El desarrollo de este prototipo de vivienda contempla:

- Un sistema de autoconstrucción.
- Un sistema de ahorro por la mínima cantidad de desperdicio.
- Un sistema de ahorro porque no requiere acabados (yesos y pintura).
- Un sistema de ahorro porque requiere un mantenimiento mínimo.
- Un sistema para optimizar el uso de las aguas recicladas o de lluvia.
- Métodos alternativos para la obtención de energía.
- Método para el calentamiento del agua, basado en celdas solares.
- En el rubro energético, el aprovechamiento se ha establecido desde el diseño del proyecto arquitectónico teniendo cuidado en aspectos como la orientación, la ventilación, aislamiento térmico y acústico.

3. DISTRIBUCIÓN DEL PROTOTIPO DE VIVIENDA RURAL DE ADOBE TECNIFICADO PARA ZONAS BOSCOSAS

La vivienda está construida a escala real, sobre una superficie de 60 m^2 y se distribuye en tres micro-ambientes. El primero consta de un espacio para la sala, el comedor y la cocina (24 m^2); el segundo, localizado en la parte superior, está diseñado para una habitación, cuya característica principal destaca una doble altura y la superficie es de 16m^2; y en el tercero están previstos los servicios (20 m^2) (figuras 9 e 10).

Figuras 5 y 6. Construcción de la casa ecológica. Investigación 3244/ 2012 U. Vista exterior y segundo nivel

4. DESARROLLO DE LOS PLANOS, UN SISTEMA DE AUTOCONSTRUCCIÓN

La idea del prototipo de vivienda rural modular de adobe tecnificado es justamente replicarlo a la mayor gente posible, para que pueda construir su vivienda, con base en los planos presentados en las figuras 7 y 8.

El sistema de construcción no permite desperdicio del material, debido a que las piezas de adobe tecnificado que se acomodan de manera estratégica para evitar los acabados, es decir, aplanados o pintura, además de que requiere un mínimo de mantenimiento, ya que impide el desprendimiento del polvo y la absorción de humedad.

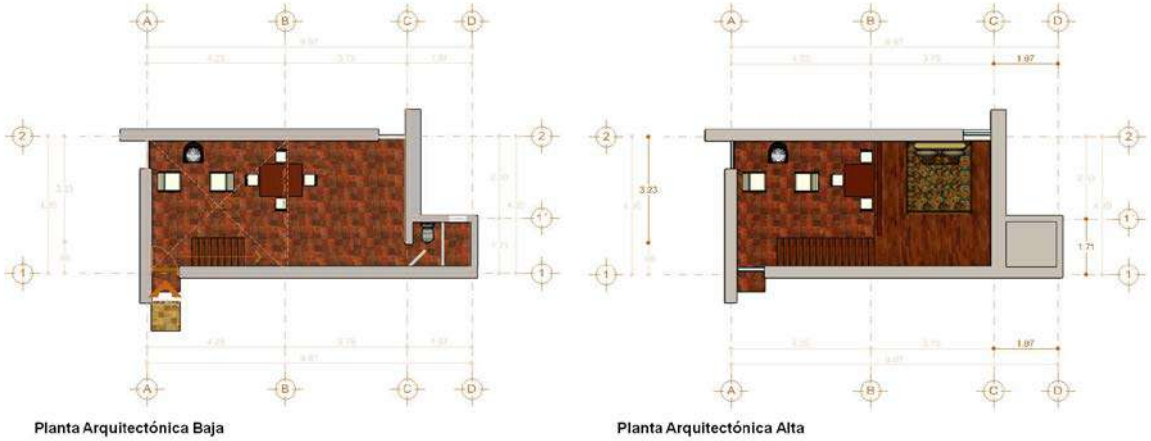


Figura 7. Plantas arquitectónicas

Figura 8. Corte longitudinal

El sistema de ensamblaje (figura 9) de los muros se lleva a cabo conforme un procedimiento de unión utilizando un adhesivo de acua-roca con polvo de arcilla, colocado a hueso, que da como resultado una apariencia precisa.

Figura 9. Sistema de ensamblaje de muros. Investigación 3244/ 2012 U

Para el techo, existirán dos opciones: un sistema tradicional o un techo verde. El primero construido con duela sobre vigas de madera de la región, y con una pendiente de 15%, mientras que el segundo será cubierto con una geo-membrana, la cual recibirá una capa de tierra fértil para sembrar pasto. El techo verde disminuirá los rayos solares y ayudará en los cambios bruscos de temperatura, además permitirá recolectar el agua pluvial para un re-uso.

Se debe enfatizar que las puertas y ventanas serán fabricadas con madera y proveerán la iluminación por medio de vidrios.

Con respecto a las ecotecnologías, para este prototipo de vivienda de tierra se han pensado en las siguientes estrategias:

- Materiales térmicos y aislantes
- Focos ahorradores de energía
- Aprovechamiento de energía solar
- Microsistema para tratamento de aguas grises.
- Sanitarios ecológicos.
- Captación, almacenamiento y re-uso de aguas pluviales.
- Calentadores de agua.
- Análisis térmicos del interior de la vivienda.

No menos importantes son las instalaciones eléctricas y sanitarias: las primeras se harán con celdas solares con focos ahorradores y, para las segundas, el módulo básico considera la instalación de un baño con sistema de ahorro de agua, así como una tina anaeróbica para el tratamiento de aguas negras y jabonosas.

5. CONCLUSIONES

La pobreza y la marginación social comprenden aspectos latentes que se reflejan en las 295 viviendas ubicadas en la localidad de Raíces, perteneciente al polígono del área natural protegida del Parque Nacional del Nevado de Toluca. Si bien es importante el cuidado riguroso del medio ambiente, también resulta fundamental proveer mejores condiciones de vida para quienes ahí habitan. Por tal motivo, este prototipo de vivienda ecológica de tierra cuenta con un diseño adecuado para brindar confort a esa población. Dados los indicadores que reflejan alto índice de marginación, fue preciso un diseño que permitiera apreciar un bajo costo de la vivienda, por ello se ideó la conjunción de los sistemas de ahorro y las técnicas alternativas para obtener energías, es decir, el aprovechamiento inteligente de los recursos naturales.

Es importante señalar que la construcción a escala real de la vivienda nos ha permitido una visualización directa de los procesos constructivos, pues hemos constatado los cálculos y beneficios que resultaron de la investigación teórica y de campo. Esperemos que en un tiempo no muy lejano, las y los responsables de políticas públicas locales puedan sumarse a este proyecto sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAPO (2010), *Índice de marginación a nivel localidad 2005*. Consejo nacional de población. México D.F. Secretaría de Gobernación. Primera edición: julio 2007. Impreso en México D.F.

Gobierno del Estado de México (2012). *Habitar, urbanismo, vivienda, población territorio*, Secretaría de Desarrollo Urbano, Número IX, Año 5, 2012.

INEGI (2010). *Censo General de Población y Vivienda*, México.

Notas

[1] www.conanp.gob.mx/sig/decretos/parques/Nevadotoluca.pdf

Currículos

Mercedes Ramírez Rodríguez. Titulada de Arquitecta en la facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Estado de México. Graduada de Doctora en Ciencias Sociales y Políticas en la Universidad Iberoamericana.

Jesús Aguiluz León. Titulado de Arquitecto en la facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Estado de México. Graduado de Doctor en Ciencias Sociales en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Ramón Gutiérrez Martínez. Titulado de Arquitecto en la facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma del Estado de México. Graduado de Doctor en Arquitectura en la Universidad de Kiev Rusia.

RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS CON TIERRA PARA VIVIENDA DEL MEDIO RURAL, EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD

Pastor Alfonso Sánchez Cruz

Horizontes de Arquitectura A.C. Manuel Doblado N0. 1010 “A” Centro Oaxaca de Juárez, Oax., México C.P 68000 (01951) 501 14 18 044951 1183073 - horizontes18@gmail.com

Palabras clave: Recubrimientos, Eficiencia, Sustentabilidad

Resumen

En la actualidad existe un alto porcentaje en comunidades rurales de México que han dejado de utilizar en su edificación de viviendas recubrimientos y acabados a base de tierra como se hacía hace cientos de años. Dentro de las múltiples causas se le puede atribuir: la falta de conocimientos sobre la aplicación de recubrimientos y acabados de tierra de las actuales generaciones de constructores (incluido tambiénlos profesionales de la arquitectura y de la ingeniería), la desconfianza sobre suresistencia y perdurabilidad, la falta de interés de las autoridadespor regular el uso indiscriminado de materiales industrializados y prefabricados, así como el poco interés de los propios usuarios de las viviendas edificadas con tierrapor conservar en buen estado su patrimonio.

La tierra, como materia prima para la construcción de viviendas no solo tienen cualidades de adaptabilidad al medio, sino también una gran variedad, abundancia y calidad. Aunque la tierra suele ser abundante en las comunidades del medio rural, su obtención, preparación y utilización pareciera ser complicado hoy en día, ya que se requiere trabajar tanto para su obtención como su preparación, lo cual propicia que materiales industrializados y prefabricados sean cada más empleados por comodidad y rapidez. Otra situación que afronta la vivienda en el medio rural es su desvalorización, por la creencia que tiene actualmente que vivir en una vivienda con recubrimientos de tierra es sinónimo de pobreza, estatus social o que se vive fuera de la modernidad.

La forma más segura para verificar la calidad de tierra en lugares donde no se tengan experiencias previas de selección de materias primas, consiste en la elaboración de muestras lo más semejantes que sea posible a los que se manejarán en la obra. Previo a la elaboración de aplanados de tierra se puede hacer ensayos con las tierras que se pretende utilizar para los acabados, si sus características no resultan apropiadas, pero tampoco se cuenta con otras fuentes cercanas de obtención, entonces es posible emprender acciones para su mejoramiento, lo cual es conocido como *procesos de estabilización.*

Frente a la necesidad que se tiene por la edificación de viviendas y lo problemas que afronta la misma, por la globalización, degradación del medio ambiente, cambio climático, búsqueda del desarrollo sostenible. Los recubrimientos y acabados de tierra siguen siendo una solución constructiva eficiente y sustentable, debido a que la obtención de la materia prima no requiere de grandes procesos industrializados los cuales son altamente contaminantes, de igual forma los desperdicios que se puedan generar en su aplicación pueden ser nuevamente utilizados o integrados al medio donde fueron obtenidos, de igual forma no se requiere de grandes conocimientos constructivos, ni mucho menos de herramientas sofisticadas para su aplicación.

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA EN EL MEDIO RURAL

A pesar que la mayor parte de conjuntos de viviendas rurales que se encuentran en México, así como muchos otras partes del mundo, han sido edificados desde épocas inmemoriales utilizando la tierra sin cocer como material básico de construcción, estas prácticas han caído en desuso al ceder paso a materiales industrializados que en la actualidad se comercializan hasta en los lugares más remotos. Este fenómeno tiene uno de sus orígenes más evidentes –por lo menos en las comunidades de México- en la necesidad de los usuarios de tratar de hacer evidente su condición social, manifestándolos mediante la compra de materiales constructivos contemporáneos, pese a que en la mayor parte de los casos representan una disminución en su calidad de vida, tiene consecuencias de tipo ambiental y pérdida de identidad cultural.

2. EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD DE LAS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA.

En la actualidad el desuso de la tierra en recubrimiento y acabados, tiene causas múltiples: desconocimiento de sus ventajas, cualidades constructivas y ambientales, la falta de practica en su manejo como materia prima, inseguridad, falsa idea de la modernidad, falta de interés de las autoridades por regular el uso indiscriminado de materiales industrializados y prefabricados, y el poco interés de los propios usuarios de las viviendas por conservar en buen estado su patrimonio. Lo anterior, no solo ha propiciado que estas técnicas constructivas se dejen de realizar, sino también, ha propiciado la alteración de la concepción espacial de las viviendas en el medio rural.

También se ha considerado que vivir en casas construidas con tierra es sinónimo de retraso cultural y de insalubridad, debido al desprestigio que ha sufrido este material al ser considerado subdesarrollado y de mala calidad. Sin embargo, se ha demostrado y divulgado en los últimos treinta años, gracias a congresos y documentos internacionales así como a instituciones preocupadas por el tema, que no existe tal retraso cultural e insalubridad.

La mayoría de los problemas y debilidades de los sistemas constructivos de tierra no se derivan de la composición física de la materia prima o de la tecnología que se maneja, sino que surge, por un lado, de la pérdida de la destreza constructiva que se había mantenido viva desde tiempos muy remotos, a través de la tradición, y, por otra parte, la falta de mantenimiento y conservación de la vivienda. En este sentido Rodríguez (2011, p. 81), hace énfasis que

> *las tendencias más recientes proponen una especie de síntesis creativa y operacional entre las denominadas técnicas tradicionales y modernas, tratando de acoplar aquellos recursos que satisfagan de manera más eficiente las necesidades de la vida contemporánea, con las rutas tradicionales, y que los usuarios puedan apropiárselas y dominarlas en lugar de padecerlas.*

Analizar las ventajas y cualidades de la tierra como materia prima, para ser empleados en sistemas constructivos en la construcción de la vivienda en el medio rural, no suele ser complicado si se parte del entendimiento de la composición de la misma. Ya que la tierra como sistema constructivo se ha usado milenariamente gracias a que tiene la ventaja de transformase en un eficiente material para la construcción. En este sentido Guerrero (2007, p. 186), afirma que *la tierra está formada por proporciones diversas de grava, arena, limo, arcilla, agua y aire. Justamente esta relación proporcional es la que hace posible que la transformación del suelo en material constructivo pueda resultar más o menos adecuada*.

Por lo antes establecido, el uso de la tierra para recubrimientos y acabados de muros sigue siendo la solución en la vivienda de comunidades rurales, siempre y cuando la edificación sea de tierra, de igual forma esta técnicas siguen basadas en la transmisión de conocimientos de generaciones, el uso de herramientas fáciles de utilizar y que pueden ser hasta elaboradas, otro aspecto importante es que la materia prima se puede extraer del mismo sitio, lo cual permite no solo conservar la identidad cultural, la autenticidad y sino también contribuir a la disminución del impacto al medio ambiente. Bajo este esquema Rodrigues Filho (2007, p. 232) considera que

> *por influencia de problemas sociales y ambientales, las pérdidas de referencias culturales, la poca autenticidad, la degradación del medio ambiente, etc., estamos hoy presenciando, es un periodo de redescubrimiento y real interés por la arquitectura y construcción de tierra. En la medida que pasa el tiempo las preocupaciones por el medio ambiente han adquirido contornos alarmantes y de extrema importancia. Enfrentamos una serie de problemas globales que han dificultado la biosfera y la vida humana de una manera que aún no habíamos presenciado y que desde luego puede tornarse irreversible.*

Es necesario también comprender la incompatibilidad de materiales que tienen procesos naturales e industrializados, tal es el caso del adobe y el cemento, que propician con el tiempo desprendimientos de recubrimientos y acabados en muros, lo cual no solo implica un

desgaste en la economía, sino también alteración de sistemas constructivos y fuente de contaminación, ya que difícilmente los morteros cemento-arena pueden ser integrados al ambiente cuando son desechados. En el caso de los materiales de tierra, se tiene diversas ventajas. Con este tipo de recubrimientos y acabados se puede obtener: diversidad de colores, texturas y desde luego ventajas ambientales, ya que al ser retirado por deterioro, se puede mejorar, reutilizar y hasta integrarlo nuevamente al medio donde fue extraído.

El caso de estudio, la comunidad de Capulálpam de Méndez[1] se localiza en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Desde el año 2008, la asociación Horizontes de Arquitectura[2] ha realizado actividades para el rescate de la vivienda vernácula o tradicional del sitio. En 2012, se destaca el *Taller para la conservación de construcciones de tierra*, realizado del 1º al 3 junio del año 2012, impartido por el Dr. Luis Fernando Guerrero Baca, Profesor- Investigador de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, con la participación de investigadores, profesores, estudiantes de distintas universidades, organizaciones e instituciones del gobierno, así como habitantes de la comunidad.

En el caso particular de la vivienda de la comunidad de Capulálpam de Méndez, se hace notar la tradición constructiva; sus espacios son el resultado de la experimentación de años, (figuras 1 y 2), lo que ha dado respuesta a las condiciones naturales, permitiendo el desarrollo de materiales y sistemas constructivos altamente adaptados al medio físico y a su tipo de clima[3].

Figuras 1 y 2. Viviendas tradicionales en Capulálpam de Méndez. Foto: autor, 2008

En el mes de febrero del 2013, se presentó en México la publicación “Cuatro casa, vivienda vernácula”, producto de la investigación de cuatro autores. La edición forma parte de la colección Patrimonio Cultural de Oaxaca, y contiene un capitulo que se denomina “La casa de Capulálpam” (Torres, 2012, pp 182,183). En él, se describe las características sustanciales de la casa vernácula en el sitio y, sin duda, la estrecha vinculación entre los factores del medio físico. También existieron otros elementos que incidieron en su forma de construcción como los materiales de la región, sistemas constructivos, usos y costumbres de vivir, todo ello determinó su forma arquitectónica, estructural, sistemas constructivos y acabados.

3. **METODOLOGÍA**

Para obtener mejores resultados en las actividades realizadas en el Taller para la conservación de construcciones de tierra, el instructor, previo al inicio del taller, realizó una ponencia no solo a los participantes, sino también a los habitantes de la Comunidad de Capulálpam de Méndez, en las que se plantearon los principios de la edificación con tierra, la lógica de los sistemas constructivos, con ejemplos de diferentes lugares y épocas hechos

con cada técnica. Las sesiones prácticas incluyeron actividades que se desarrollarán dividiendo en grupos de trabajo de forma simultánea (Figuras 3 a 6):

1. Caracterización de suelos y aplicación de recubrimientos con tierra.
2. Consolidación de muros de adobe.
3. Recubrimientos de pintura a la cal y bruñidos. Previamente se retiraron los aplanados de cemento-arena en mal estado.

Figura 3. Retiro de aplanados de cemento-arena en la vivienda donde se realizaron las actividades del Taller de conservación de tierra, en la Comunidad de Capulálpam de Méndez. Foto: autor, 2012

Figura 4. Actividades desarrolladas en el taller para la conservación de tierra en la comunidad de Capulálpam de Méndez. Foto: autor, 2012.

3.1. Pruebas de selección de la tierra

Para verificar la calidad de los diferentes tipos de suelos naturales de la comunidad y lograr una mejor estabilizacióndel material, mejor calidad y comportamiento de la tierra, se realizaron algunas pruebas a los diferentes tipos de material que existen el sitio, dentro de ellas se realizaron pruebas de granulométrica, plasticidad y resistencia.

3.2. Estabilización de la tierra

Conocidas las características de la resistencia y comportamiento de las diferentes muestras de tierra, se continuó el proceso de estabilización del material a manera de buscar las

características idóneas para poder utilizarlo en los diferentes procedimientos de construcción, la elaboración de recubrimientos y aplanados interiores.

3.3. Mezcla de la tierra

Posteriormente se realizó la preparación de mezclas necesarias de tierra para ser utilizado en los diferentes muros, utilizando las herramientas, procedimientos y materiales adecuados, tierra, arena, mucílago de nopal, fibra vegetal (sarcina)[4] según correspondiera a sus diferentes usos para aplicarlo adecuadamente en cada una de las superficies tanto en resanes, aplanados.

Figuras 5 y 6. Recubrimientos y acabados de muros, donde incluyo material fibroso natural de la región, práctica realizada con la asesoría del Arq. Ramón Aguirre. Foto: autor, 2012

3.4. Bruñidos de muros

Como protección de las superficies de acabados en muros, posteriormente al taller, se llevó a cabo el bruñido de muros en los aplanados con tierra y con cal; para este procedimiento se realizó una preparación con jabón neutro, aplicándolo con brocha a las distintas superficies, para posteriormente llevar a cabo el proceso de bruñido con materiales altamente tersos, frotando la superficie con botellas de vidrio (Figuras 7 y 8)..

Figuras 7 y 8. Bruñidos en recubrimientos de muros. Foto: autor, 2012.

4. ANÁLISIS CRÍTICO

Los resultados que se lograron con el uso de tierra cruda en recubrimientos y aplanadosse debió a la flexibilidad y maleabilidad de la tierra dela zona, y desde luego al mejoramiento dela misma, mediante el agregado de fibras naturales de la región (sarcina). Lo cual no solo

permitió elaborar diversos tipos o de recubrimiento y sino también obtener acabados estéticos. Durante la ejecución de las prácticasy posterior a la misma, se vigiló cuidadosamente los procedimientos, siendo esto también clave para lograr los resultados deseados, de igual forma la homogeneidad, las propiedades y cualidades de la tierra, así como de los componentes constructivos implementados permitieron mejorar las propiedades de la materia prima. Como menciona Guerrero, (2007, p. 189).

> *Los estabilizantes por fricción sirven para conformar una especie de "red" a la que se adhieren las partículas del suelo y controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado. Asimismo modifican los patrones de agrietamiento derivados de cambios de humedad y temperatura mediante el trazado de un sistema de microfisuras que no afectan la estabilidad del conjunto.*

5. MEDIOS PARA VERIFICAR LOS RESULTADOS

Las actividades desarrolladas en el Taller de conservación de construcciones de tierra, y posterior al mismo, resultó productivo porque demostró a los participantes y habitantes de la comunidad de Capulálpam de Méndez, las ventajas de seguir utilizando la tierra para recubrimientos y acabados en la vivienda de su comunidad. Las cuales son un medio altamente eficiente para el aprovechamiento racional de materiales regionales y ambientalmente compatibles con su entorno, ya que logran la obtención del confort en las viviendas.

Los resultados obtenidos se verificaron mediante el cumplimiento del objetivo: valorar las edificaciones realizadas con tierra en la comunidad como un medio altamente eficiente para el aprovechamiento racional de materiales regionales y ambientalmente compatibles. De igual forma la participación de los habitantes de la comunidad, demostró el interés por la recuperación de técnicas constructivas ancestrales, de nuevos conocimientos, para mejorar los procesos constructivos, así como el uso de materiales locales, en este caso la tierra. Finalmente se debe incentivar el uso de recubrimientos y aplanados con tierra en la vivienda construida en el medio rural, dejando a un lado el pensamiento de que, son técnicas anticuadas o que es asunto, sólo de especialistas o interesados en la tierra.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Cosmes, Belmontes Mario, (2003). *Monografía de Capulápam de Méndez*, Impresiones y Barniz, México, Carteles editores.

Guerrero Baca, Luis Fernando (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes*, V. 20, n. 2. Bogotá: Pontifica Universidad Javeriana. p.182-201.

Rodríguez, Manuel V. (2011). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. Limusa Noriega Editores.

Rodrigues Filho, Raymundo (2007). El uso de la tierra como elemento constructivo en Brasil: un corto panorama del proceso histórico, manejo, usos, desafíos y paradigmas. *Apuntes*, V. 20, n. 2. Bogotá: Pontifica Universidad Javeriana. p. 232-241

Torres, Zarate Gerardo (2012). La casa de Capulálpam. En: *Cuatro casa. Vivienda Vernácula*. Oaxaca: IPN, UABJO, Plaza y Valdés. p. 182-183

Notas

[1] Se localiza al sur de la cabecera del Distrito de Ixtlán de Juárez, y al noreste de la capital del estado de Oaxaca. Su altura sobre el nivel del mar es de 2.120 m. La superficie es de 7.470,50 ha, y tiene una población de 1313 habitantes, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Dista a 70 km de la capital del estado. Su nombre es de origen náhuatl, CAPUL-LI o sea el CAPULIN o árbol del cerezo, y APAM, igual a río, la traducción literal es Río del Capulin.

[2] Horizontes de arquitectura, es una asociación sin fines de lucro que promueve cursos, talleres y otras actividades para la preservación de la arquitectura de las comunidades, el uso de materiales locales y sistemas constructivos tradicionales con la implementación de nuevas tecnologías, de igual forma edita publicaciones de proyectos sustentables de diversos países. www.horizontes18.com

[3]Generalmente el clima predominante es templado. Durante el invierno se acentúa el frío en los meses de diciembre, enero y febrero. En la estación de la primavera se registra poca época de calor seco, principalmente en los meses de marzo, abril y mayo, aunque se presentan aguaceros y granizos aislados durante estos meses. A partir del mes de junio hasta el mes de octubre (todo el verano), se registra la temporada de lluvias regulares (Cosmes, 2003).

[4]En la región de la zona norte de Oaxaca, le llaman sarcina a la hoja de los pinos que se desarrollan en los bosques mezofilos, los cuales actúan en la tierra como un estabilizador.

Currículo

Pastor Alfonso Sánchez Cruz, Catedrático de las Facultades de Arquitectura de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca e Instituto Casandoo, Director de la revista de Arquitectura Horizontes donde se han publicado proyectos y artículos de tierra. Fundador y Presidente de la Asociación Horizontes de Arquitectura donde se han realizado talleres sobre el manejo y uso adecuado de la tierra, materiales locales y sistemas constructivos tradicionales con innovaciones tecnológicas. Integrante de ICOMOS México y del Seminario de Cultura Mexicana, Gerente de la firma Arquitectos Adm Ambiental S.A, de C.V.,

ARQUITECTURA CONTEMPORÂNEA EM TERRA NO SW DE PORTUGAL. SIGNIFICADOS DE UM PATRIMÓNIO

Susana Tavares Sequeira

ISCTE-IUL, Departamento de Arquitectura e Urbanismo.
Avenida das Forças Armadas, Edifício I. 1649-026 Lisboa.
T: +351 210464112 F: +351 217964710 , Portugal
susanatsequeira@gmail.com

Palavras-chave: construção em terra, taipa, património contemporâneo, paisagem

Resumo

A construção em terra e particularmente em taipa tem grande expressão em Portugal sobretudo nas áreas argilosas do Sul (Ribeiro, 1961; AAP - AO, 2004; Correia, 2007).

No rebordo SW, devido a fatores históricos de ocupação do território (Torres, 2010) que lhe determinaram grande isolamento, a utilização da taipa no registo vernacular prolonga-se até meados do século XX. A partir dos anos 80 esta técnica construtiva foi sendo gradualmente retomada no registo erudito, pelo que nesta zona se concentra hoje um conjunto importante de edifícios, sobretudo residenciais, projetados para serem construídos em taipa (Correia, Fernandes (coord.) 2005; Le Bayon, 2004; Caetano, 2011).

Esta concentração e diversidade estão na origem do Projeto Terra Taipal, com o qual, através do levantamento do património contemporâneo edificado em terra no SW de Portugal, se pretende não só a sua análise e avaliação com o objetivo de incrementar a qualidade técnica de futuras construções, mas também a integração dos resultados no Sistema de Informação para o Património Arquitectónico (SIPA), de forma a garantir a maior divulgação deste património material e imaterial a nível internacional.

Este património levanta ainda questões quanto ao seu significado em função das dinâmicas sociais que envolve e que exprime, as quais são também exploradas no quadro de um projeto de doutoramento no Departamento de Arquitectura e Urbanismo do ISCTE-IUL (Arquitectura dos Territórios Metropolitanos Contemporâneos). Entre outros assuntos, são estudadas as novas relações entre áreas metropolitanas e espaço rural, o valor evocativo dos conhecimentos etnográficos em culturas arquitetónicas da modernidade, e as relações entre o vernacular e o erudito em torno dos valores ecológicos contemporâneos e de culturas de paisagem.

1. INTRODUÇÃO

O Sudoeste Alentejano tem sido reconhecido como um território onde a construção em terra – taipa, pela convergência de diversos fatores, foi praticada até mais tarde (meados do século XX). Por outro lado, desde a década de 90 tem também sido alvo de muitas construções recentes utilizando a mesma técnica. Contudo ainda não foi feito nenhum levantamento deste edificado contemporâneo, nem feita uma interpretação do seu significado como património. É esse o objetivo do projeto Terra Taipal (associação Matriz, adl e Município de Odemira) e do projeto de Doutoramento em Arquitectura dos Territórios Metropolitanos Contemporâneos que a autora iniciou recentemente no departamento de Arquitectura e Urbanismo do ISCTE.

Esta investigação irá permitir, através do cruzamento de diversas áreas disciplinares, tais como a arquitetura, a sociologia, a antropologia, e a geografia humana, encontrar os elos de ligação entre as anteriores e mais recentes construções em taipa neste território; os seus padrões de desenvolvimento; e de que forma elas refletem e se refletem nas dinâmicas sociais locais.

Nesse sentido, através de uma análise retrospetiva desde meados do século XX no Sudoeste Alentejano, procurar-se-á encontrar pistas fundamentais para a compreensão da

relação destas construções com a vida rural, por um lado, e por outro com aspetos que derivam de dinâmicas sociais e culturais de natureza urbana e metropolitana.

2. DA HABITAÇÃO POPULAR À CONSTRUÇÃO EM TERRA – UMA REVISÃO DE ESTUDOS

O tema da habitação rural começou a ser abordado, em Portugal desde finais do século XIX, no contexto do movimento romântico, que se interessa pelas culturas populares como fundamento da identidade nacional (Leal 2000). Contudo, é só mais tarde, inicialmente pelos etnógrafos do começo do século XX, e depois pela etnografia de regime nos anos 40, que vai surgindo, de forma muito contrastada, um conhecimento do património arquitetónico vernacular.

Na década de 40, a propósito do interesse sobre as condições de vida do trabalhador rural, desenha-se uma perceção comparativa, sobre uma parte do país apenas, da casa rural portuguesa. Promovido pelo Senado Universitário e dirigido pelos Engenheiros-Agrónomos e professores de Economia Rural do Instituto Superior de Agronomia, Lima Basto e Henrique de Barros, é editado o *Inquérito à Habitação Rural***.** Esta obra, da qual foram unicamente editados os dois primeiros volumes, *A habitação rural nas províncias do norte de Portugal* e *A habitação rural nas províncias da Beira,* trouxe à luz do dia o quase desconhecido panorama da habitação rural portuguesa. Só em 2013 foi finalmente editado o terceiro volume, *Habitação Rural nas Províncias da Estremadura Ribatejana, Alto Alentejo e Baixo Alentejo.* Mas, infelizmente, a região do Alentejo Litoral só no segmento norte é abordada, situação que, conforme se refere em seguida, se repete em muitos dos estudos realizados posteriormente por outros autores.

Uma visão mais sistemática nascerá nos campos da Geografia Humana (Orlando Ribeiro) e da Etnologia (Ernesto Veiga de Oliveira, Fernando Galhano e Benjamim Pereira), com trabalhos efetuados e publicados desde o período entre as duas guerras, mas que só mais tarde, já nos anos 60, alcançariam plena projeção. Esta se deveu ao impacto provocado pela publicação da obra "Arquitectura popular em Portugal" em 1962, resultante do notável levantamento promovido pelo Sindicato Nacional de Arquitectos nos finais da década de 50.

A construção vernacular começa, pois, a ganhar destaque a partir da década de cinquenta. Integrado na obra *A arte popular em Portugal* (AA.VV.,1959), surge o capítulo Arquitectura*,* de Ernesto Veiga de Oliveira e Fernando Galhano, que deu origem, mais tarde, ao livro *Arquitectura tradicional portuguesa* (Galhano; Oliveira, 1992). Com a participação de Benjamim Pereira, ainda em 1969, os mesmos autores publicaram também, *Construções primitivas em Portugal*. Nestas obras fazem uma descrição exaustiva das características das habitações, sobretudo rurais, por diversas zonas do país, dando ênfase às particularidades de cada uma. Relativamente à *Casa do Sul,* é defendido pelos autores que o uso quase exclusivo da taipa como material de construção se deve, não só à escassez de materiais de outro tipo, a pedra, por exemplo, mas também à abundância de *terras próprias para a sua preparação* com *qualidades isoladoras do calor* (Oliveira; Galhano, 1959: p.98).

No campo das engenharias, o LNEC editou na década de 50 uma série de Circulares de informação técnica, na qual se incluiu uma intitulada *O uso da terra como material de construção* (1953). Nesta circular são enumeradas as várias características da construção em terra, os modos tradicionais de construir em diversos pontos do mundo, o tipo de material usado, bem como casos de estudo laboratorial, alguns dos quais, efetuados com amostras de terra da região de Odemira.

Na sequência da investigação realizada entre 1955 e 1960 para o *Inquérito à arquitectura regional portuguesa,* promovido pelo Sindicato Nacional dos Arquitectos, foi editado pela primeira vez em 1961 o compêndio *Arquitectura Popular em Portugal*. Nesta obra de dois volumes, Portugal continental é retratado em seis zonas distintas. O resultado foi uma extraordinária revelação, até mesmo para os intervenientes na investigação, que encontraram na arquitetura popular portuguesa propostas mais próximas das novas intenções modernistas do que dos cânones dominantes da "casa portuguesa" de Raúl Lino.

No segundo volume desta obra, a secção reservada à zona 6, designada por Zona do Algarve, tem efetivamente um enfoque nesta região, mas abrange igualmente o Baixo Alentejo e o Alentejo Litoral, bem como a Bacia do Sado. Apesar da dimensão territorial deste estudo, o seu resultado deu a conhecer as tipologias das construções de cada zona e pôs em evidência um largo uso da taipa; *não sendo exagerado dizer-se que não houve localidade onde não se encontrasse uma construção em taipa* (AAP, 2004, p.628);*"mesmo nas regiões de calcário, xisto, etc., onde estes materiais são abundantes e de fácil emprego, assim acontece;"* (AAP-AO, 2004, p.293). Curiosamente, mais uma vez, o estudo do território do sudoeste alentejano não parece ter sido muito desenvolvido. Assim o indica a falta de informação sobre esta zona no mapa de tipologias e a escassez de registos fotográficos. Ainda assim, é muito bem documentada a técnica da construção em terra, e a sua predominância em todo o território, com descrições e imagens do processo construtivo e de alguns exemplares de construções em Porto Covo, Odemira e Aljezur.

No campo da investigação nacional, a arqueologia foi das primeiras áreas a interessar-se pela temática da terra na construção, a partir de vestígios estudados, sobretudo no sul do país, por arqueólogos como Caetano Beirão e Cláudio Torres, que confirmaram a permanência de edificações em terra acompanhando a influência de várias civilizações.

Os problemas de conservação e restauro do património em terra estiveram no centro das preocupações do encontro de Noudar, Barrancos, em 1983, onde pela primeira vez a construção em terra foi abordada com maior profundidade. Taipa, e também arcos e abóbadas feitos com elementos cerâmicos tradicionais, sublinharam a importância da terra como material de construção, quer na perspectiva arqueológica, quer na arquitetónica actual.

Foi pela mão de Cláudio Torres e através do Campo Arqueológico de Mértola, em 1990, que se constituiu um laboratório e um estaleiro experimental, inicialmente para o restauro e depois para a produção de obra nova em taipa.

A década de 90 foi, sem dúvida, um momento de viragem. Até aqui somente o arquitecto José Alegria tinha já iniciado alguma prática construtiva em terra, nomeadamente com o uso de adobes, blocos de terra comprimida e taipa, na região de Silves. A partir desta década, na sequência de uma série de fatores, a construção em terra crua passou a ocupar um lugar de destaque no seio de um ainda pequeno grupo, sobretudo de arquitectos, que começaram a investigar e a promover nacional e internacionalmente este património. Vários encontros foram, desde então, organizados, nos quais participaram também especialistas de outros países. Portugal passou, então, a fazer parte de uma rede que integra investigadores e instituições internacionais, tal como a Rede Ibero-Americana Proterra, dedicados a estas temáticas, tornando-se ponto de interesse e destino para a realização de alguns dos seus eventos.

Fruto do Seminário que decorreu em Conímbriga em 1990, foi editado em 1992, pelos organizadores do evento - Museu Monográfico de Conímbriga, Alliance Française de Coimbra e Comissão de Coordenação da Região Centro, o livro de atas *Arquitecturas de Terra - Trunfos e potencialidades, materiais e tecnologias, lógica de restauro, actualidade e futuro***.** Esta publicação é um interessante testemunho dos primeiros passos dados no domínio destas matérias em Portugal, tanto pelo conteúdo das comunicações transcritas, como pelo contributo importante do prestigiado arquiteto Jean Dethier, da escola CRATerre - EAG (Centre International de la Construction en Terre - École d'Architecture de Grenoble).

Consequência de dois encontros realizados em Silves, surgiram em 1993 as publicações *Construir em terra no Mediterrâneo e Actas da 7ªConferência Internacional sobre o estudo e a conservação da arquitectura de terra*. Este último foi também um livro de grande destaque a nível nacional por retratar o primeiro evento internacional sobre construção em terra em Portugal, onde foi possível conhecer algumas das obras que vinham sendo feitas no estrangeiro e onde alguns arquitetos portugueses tiveram oportunidade de expor o seu trabalho prático ou de investigação. Este evento, bem como a publicação das suas atas, foi organizado conjuntamente pela Câmara Municipal de Silves, a Direcção Geral dos Edifícios

e Monumentos Nacionais e uma parceria entre o ICCROM (International Center for the Study of the Preservation and the Restauration of Cultural Property) e o CRATerre - EAG.

No mesmo ano, 1993, foi criada a Escola de Artes e Ofícios Tradicionais de Serpa onde, durante doze anos, foi ministrado o curso de Mestre de Construção Civil Tradicional, que explorava e experimentava amplamente as técnicas construtivas em terra. No campo da formação, cabe ainda referir o curso de Construção em Taipa, coordenado pelos arquitetos Alexandre Bastos e Teresa Beirão, realizado em 1998, do qual resultou o edifício do mercado de SºLuís (figura 1); e as ações de formação sobre construção e recuperação de edifícios em terra, realizadas pela associação Matriz adl, em 2007 e 2008, organizados e lecionados por Teresa Beirão, Miguel Mendes e pela autora. Num âmbito de intervenção mais alargado, a Associação Centro da Terra, criada em 2003, tem sido igualmente um importante veículo para a divulgação, promoção e formação das arquiteturas de terra.

Figura1 - Mercado de Sº Luis, Odemira

O primeiro Seminário sobre Arquitectura de Terra em Portugal (ATP), organizado em 2003 pela Escola Superior Gallaecia e pela Fundação Convento da Orada, iniciou um ciclo importante na divulgação e valorização destas temáticas. Ao longo das suas edições, tem sido promovido o cruzamento interdisciplinar e ampliado o número de participações aos mais diversos níveis.

A editora Argumentum, dirigida pelo arquiteto Filipe Jorge, tem-se dedicado à publicação de grande parte dos livros de atas dos seminários realizados, de algumas monografias relativas à construção em terra, com destaque para a obra - *Arquitectura de terra em Portugal*, editada em 2005, sob a coordenação de Maria Fernandes e Mariana Correia. Esta é a primeira monografia portuguesa dedicada exclusivamente à construção em terra. Trata-se de uma importante edição que conta com o testemunho de mais de cinquenta autores e que aborda o tema na ótica de diversas áreas. É sem dúvida, até ao momento, um dos livros portugueses de referência nesta matéria.

Também em 2005 a Argumentum inicia a série de edições de atas dos seminários ATP com a publicação de *Terra em Seminário*, sob a coordenação de Maria Fernandes, Mariana Correia e Filipe Jorge. Esta edição resume as atas do 3º ATP realizado em simultâneo com o IV Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra (SIACOT) no ano de 2005, em Monsaraz.

Paralelamente a estes seminários, realiza-se em 2006, no âmbito do ciclo de reuniões cientificas que anualmente a Faculdade de Letras da Universidade do Porto promove, mais uma Mesa-Redonda de Primavera, desta vez centrada na temática da construção em terra. O livro - *Terra: forma de construir: Arquitectura, Antropologia, Arqueologia. 10ª Mesa-Redonda de Primavera* é o resultado das atas deste encontro.

Terra em Seminário 2007 resume as atas do encontro realizado na Universidade de Aveiro e que reuniu o V Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, Terra Brasil 2006, I Seminário Arquitectura e Construção com Terra no Brasil, IV Seminário Arquitectura de Terra em Portugal sob a coordenação de Célia Neves, Humberto Varum, Maria Fernandes e Centro da Terra. A mais recente publicação desta série, sob a direção editorial de Maria Fernandes, Mariana Correia e Filipe Jorge, foi - *Terra em Seminário 2010*, que resume das atas do encontro realizado na Universidade de Coimbra onde se realizou o 6º Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 9º Seminário Ibero-Americano de Arquitectura e Construção com Terra.

Taipa no Alentejo (Correia, 2007), resume um vasto trabalho de campo que serviu de base à sua tese de mestrado, onde são tratadas aprofundadamente diversas tipologias do edificado e as características do material e da construção, em diversas zonas da região. Infelizmente, mais uma vez o Sudoeste Alentejano foi pouco contemplado.

3. A CONSTRUÇÃO VERNACULAR EM TERRA NO SUDOESTE ALENTEJANO

A situação geográfica do Sudoeste Alentejano justifica e confirma muitos dos fenómenos representativos deste território. Refira-se não só as suas características físicas e condições climáticas, como também os modos de habitar, alguns deles herdados de civilizações antigas provenientes da bacia do Mediterrâneo. Assim retrata Orlando Ribeiro a “civilização do barro” em *Geografia e civilização* (Ribeiro, 1961, p.32) referindo-se sobretudo à arte de construir com terra.

Cerca de 85% dos solos do Baixo Alentejo são as chamadas terras galegas, fracas para a agricultura pela sua forte componente de argila e xisto. Estes solos, "formados diretamente pelos detritos das rochas eruptivas e que se depositam sobre os terrenos do maciço antigo" (Motta; Piedade, 1999, s.p.), reúnem precisamente as características que fazem deles um material de construção de excelência.

As prospeções arqueológicas que têm vindo a ser feitas revelam que a terra terá sido sempre o recurso mais acessível e imediato para a construção. A sensibilidade requerida para a sua preparação, sentir-lhe as texturas, os cheiros, o grau de humidade, a necessidade ou não de a "temperar" com outros materiais para lhe corrigir certas fragilidades, a hierarquização de tarefas no ato de construir, e o sistema social de interajuda entre vizinhanças, formam parte da sua cultura e socialização. Da mesma forma, a implantação dos edifícios no terreno, a geometria das habitações, o modo como se protegem do clima severo através das suas espessas paredes com poucas fenestrações e a sua relação com as instalações dos animais, traduzem o modo de vida que foi perpetuado por estas populações.

Apesar das reconhecidas origens mais remotas nas terras do sul alentejano, é evidente a forte influência da cultura islâmica, nomeadamente no que diz respeito às tipologias e métodos construtivos. Referindo-se às habitações islâmicas, Cláudio Torres afirma *As paredes eram habitualmente construídas em taipa, rebocadas e enluzidas, em que a forma e bitola dos taipais, a composição e consistência da terra não diferem do que até há poucas décadas era hábito no Alentejo e Algarve* (Torres, 2010, p.88).

Do leque de possibilidades que a terra oferece, a taipa é a que predomina no Alentejo meridional e foi, até meados do século XX, o mais comum processo construtivo. A palavra taipa designa, não só, o processo construtivo, como o material ou tipo de alvenaria. A sua aplicação encontra-se sobretudo em edifícios de habitação, de um ou, por vezes, dois pisos, mas também em muros de delimitação de propriedades ou de cultivos, assentos de lavoura, moinhos ou fortificações militares.

3.1. Do vernacular ao erudito

Tanto nos aglomerados urbanos (figura 2), como nos assentamentos rurais da região de Odemira, o edificado é o produto de uma longa tradição de construção em terra, sobretudo em taipa, da qual uma parte significativa é contemporânea.

A fraca penetração de vias de circulação no território, a baixa densidade populacional e, consequentemente, o insipiente desenvolvimento económico, retardaram a entrada dos materiais industriais de construção nesta zona.

A construção em terra ilustra bem essa situação. Numa região com fracos recursos económicos e uma forte ligação à terra, o uso desta como material de construção, para estruturas de apoio agrícola e para o alojamento dos próprios trabalhadores, era não só inevitável como essencial.

A habitação rural tinha, em regra, fracas condições de habitabilidade - pouca fenestração, pavimento em terra batida e cobertura deficiente. O seu processo de edificação, todavia, integrava as dinâmicas de socialização. As relações de vizinhança garantiam as “ajudadas”, isto é, a interajuda entre agregados familiares, fundamentais no processo de construção.

Tal como no resto do país, o enfraquecimento progressivo da atividade agrícola conduziu a uma forte desertificação e envelhecimento da população de Odemira a partir da década de 60 (séc. XX), deixando devolutas diversas construções, a maioria das quais hoje em ruínas.

A exploração mineira no Cercal e em S. Luís, no início do século, propiciou o predomínio da taipa até mais tarde e levou ao aumento populacional. Situação idêntica ocorreu nas décadas de 60 e 70, devido à construção da Barragem de Santa Clara-a-Velha e das novas estradas que abriram o concelho ao exterior.

No início da década de 70 os materiais industriais começaram a proliferar e a competir diretamente com a terra crua. À medida que as populações abandonavam a agricultura e as próprias terras para se fixarem nos centros industriais que lhes garantiam trabalho, os novos materiais de construção ganhavam a preferência em detrimento dos vernaculares. Ambos os fenómenos permitiram a estas populações afastar-se de uma realidade de que não guardavam saudades e vislumbrar, assim, um futuro melhor.

Curiosamente, no mesmo período, têm início os estudos arqueológicos dedicados a estas tecnologias, no Sul de Portugal, e também o expressivo movimento internacional, que partiu do empenho em promover melhores condições de vida aos povos mais desfavorecidos e a defesa e modernização das tradições populares, mais concretamente na construção em terra.

Nas duas décadas seguintes, no mesmo território, assiste-se à intervenção pioneira de alguns arquitetos, como José Alegria, Teresa Beirão, Alexandre Bastos, Henrique Schreck, entre outros, que retomam as técnicas da construção em terra, agora adaptadas aos recursos e às exigências atuais. Por feliz coincidência, este processo teve início numa época em que, apesar da resistência das populações autóctones, ainda foi possível localizar os últimos mestres taipeiros e ajudar a transmitir os seus conhecimentos técnicos e práticos aos mais jovens construtores, dando-lhes a oportunidade de reconhecer este potencial nicho de mercado.

Também em simultâneo, assiste-se a um fluxo em sentido inverso ao dos anos 60. Agora, são pessoas oriundas de uma classe média urbana e culta, que chegam em busca de um refúgio no campo e se constituem como os principais clientes destes novos arquitetos e construtores, em suma - da taipa. É toda esta cadeia de "movimentos” que, associado a uma revalorização das tradições locais e dos valores ambientais, vai fazer renascer a construção em taipa, sobretudo no Sudoeste Alentejano. Surgem assim novos edifícios, maioritariamente de habitação (permanente ou temporária) e de uso turístico, alguns morfologicamente mais próximos das construções rurais tradicionais, outros onde se exploram diferentes possibilidades estéticas e formais, em que as técnicas vernaculares se associam a novos tipos de materiais e linguagens arquitetónicas (figura 3).

Figura 2 - Edifício vernacular em Santa Clara-a-Velha, Odemira.

Figura 3 - Edifício contemporâneo em Troviscais, Odemira. Arq. Alexandre Bastos

Como resultado da reflexão sobre estes factos e da experiência obtida no terreno, a Matriz, Associação de Desenvolvimento Local de Odemira, com o apoio técnico da Universidade de Aveiro, elaborou o projeto Terra / Taipal, que mereceu o interesse do Município de Odemira para o estabelecimento de uma parceria.

3.2. Projeto Terra Taipal

Este projeto consiste na inventariação de todas as construções em Taipa executadas neste território desde a década de 80 (séc. XX), tanto as construídas de raiz como as ampliações e recuperações. Deste inventário, que deverá rondar mais de cem exemplares, será selecionado um conjunto dos mais significativos, e analisado em profundidade ao nível dos materiais e soluções técnicas utilizados, dos bons resultados, das patologias que adquiriram e das suas causas. As conclusões decorrentes deste estudo permitirão aferir, de uma forma mais concreta, as melhores soluções construtivas no que diz respeito à adequação das técnicas tradicionais aos requisitos de conforto, segurança e linguagem contemporânea que os dias de hoje exigem; quais os materiais e processos mais adequados para a recuperação do vasto património arquitetónico ainda existente e de que forma se poderá tornar mais competitivo e aliciante este tipo de construção.

Em paralelo pretende-se, com o apoio de técnicos especializados, estudar o comportamento energético das construções em taipa e comprovar as mais valias que dela advêm, visando a sua regulamentação e consequentemente viabilizar este método construtivo que atualmente não dispõe de enquadramento jurídico.

Como objetivo final, pretende-se também integrar uma seleção dos edifícios que revelem um interesse mais significativo, no Sistema de Informação para o Património Arquitectónico (SIPA) do IHRU, de forma a ampliar a divulgação deste património material e imaterial a nível internacional. Atualmente este sistema já tem inventariados dois edifícios em taipa situados no Concelho de Odemira.

4. O PARADIGMA DA NOVA CONSTRUÇÃO EM TERRA

Tendo também como base este levantamento do edificado recente em terra no concelho de Odemira, será interessante determinar o estatuto deste conjunto de edificações enquanto valor do património cultural material e imaterial.

Este valor pode ser interpretado tendo em conta a sua relação específica com a paisagem, o território e as suas histórias sociais, bem como enquanto fenómeno tributário das sociedades urbanas e dos territórios metropolitanos, em função dos quais o seu significado pretende ser procurado.

A eficaz integração das recentes construções em taipa no território baseia-se na recuperação de valores e na reinterpretação de lógicas de paisagem que contribuem para o não apagamento das referências de uma anterior vida rural, como parte integrante da história e da memória do lugar. Os modos de vida sofreram grandes alterações que ficaram inscritas na paisagem, a qual, embora hoje menos marcada pela relação com a agricultura, não sofreu propriamente uma descaracterização. Passou sim a ser outra, fruto de novos códigos e ainda em mutação.

O mesmo aconteceu com a arquitetura popular. À luz destas alterações, passou a ser alvo de uma maior atenção, no sentido de a descodificar e de, inevitavelmente, a reinterpretar.

Os inquéritos realizados, inicialmente pelos agrónomos (L. Basto e H. de Barros) e antropólogos (E.V. Oliveira e F.Galhano) e posteriormente pelos arquitetos (Sindicato Nacional dos Arquitectos), voltaram a ser destacados. Apesar de já se ter alterado a realidade neles descrita, e do desaparecimento de algumas das construções retratadas, continuam a constituir uma fonte documental importante para situar a arquitetura popular nos dias de hoje.

Pela mesma via, a arquitetura popular foi adquirindo um crescente valor patrimonial e simbólico, pela facilidade com que, deixando de servir o propósito da vida rural e agrária, se adequou a novos usos, relacionados com vivências urbanas. O cliente individual na procura da segunda habitação num ambiente distante do urbano, bem como a crescente e diversificada indústria turística, são alguns dos promotores da recuperação do património vernacular.

É exatamente nesta problemática que se enquadra a construção contemporânea em taipa. Não se trata propriamente da nostalgia de uma ruralidade perdida, embora também exista, mas de uma inversão de sentido, um reuso de uma tecnologia ancestral que chegou a acreditar-se estar moribunda. Nem tão pouco se trata apenas da idealização e estetização da vida no campo. A singularidade da construção em taipa, relativamente a outros tipos de construção tem sido inclusivamente procurada nas dimensões imateriais do seu estatuto como património cultural. Dimensões essas que apontam aos significados antropológicos desse seu valor (Prista, 2006).

Onde reside, efetivamente, um dos paradigmas que importa aqui explorar é no muito rico jogo de ambiguidades que se conjugam entre o anterior e o atual habitante da casa em taipa O individuo que a habitou até meados do século XX, de um modo geral, vivia da exploração agrícola, não era sequer o proprietário do edifício, nem lá residia a tempo inteiro, devido à necessidade de deslocações constantes por motivos laborais. Apesar de trabalhar de sol a sol, vivia no limiar da pobreza. A própria casa (refira-se a mais comum) funcionava praticamente como uma alfaia agrícola e o uso que dela era feito prendia-se muito com as atividades da lavoura. As suas condições de habitabilidade eram reduzidas, tanto pela falta de acesso a água potável, a eletricidade e a sistema de esgotos, como pela reduzida iluminação natural e deficiente controlo de temperatura interior. A implantação dos edifícios era condicionada pela localização das explorações e, por vezes, bastante distante dos núcleos mais urbanos. O que, associado às dificuldades de mobilidade, conferia aos seus habitantes um isolamento bastante significativo.

Ao contrário, o habitante da casa em taipa contemporânea provém, maioritariamente, de um meio urbano e de uma classe social e intelectual média/alta. A própria casa é reflexo de uma opção de vida, que se relaciona com preocupações a níveis ambientais e de sustentabilidade e, com uma necessidade de aproximação à "terra" e a um ritmo mais perto do da natureza (figura 4).

Figura 4 - Interior de edifício contemporâneo
Troviscais, Odemira. Arq. Alexandre Bastos

Embora esteja patente uma procura de identificação com os valores e cultura locais, e uma tentativa de divórcio (ainda que temporário) com os da cidade, é inevitável que uma parte deles, ainda assim, esteja patente na "nova" casa de taipa. Todo o tipo de hierarquias e de relação entre espaços, tal como os níveis de conforto implantados, remetem para padrões urbanos de vida. Em lugar da grande cozinha com o fogo de chão, único espaço social por excelência, encontra-se uma série de compartimentos com funções distintas e específicas. Recorrendo-se a uma visão extremista, o chão de terra batida, as poucas fenestrações de

postigo e os tetos de telha vã e caniço são substituídos por os pavimentos radiantes, várias e grandes janelas de vidro duplo e coberturas isoladas e revestidas a madeira. De forma evidente passa-se da necessidade ao prazer. Ou, como refere Alexandre Bastos, *hoje constrói-se em terra por opção e não por necessidade* (Bastos, 2005, p. 160).

Não se pretende com isto dizer que se trata de coisas distintas mas sim de reflexos de um inevitável e até desejável desenvolvimento. Trata-se também de reconhecer que a verdadeira essência destas casas é a mesma. Ambas são fruto da terra onde repousam e integram-se na paisagem da qual fazem parte. O valor social que elas evocam é, de facto distinto, mas de semelhante relevância. A necessária relação do individuo com este ser "vivo" que é a casa, com o operário que a "ergueu" e a mantém, as relações com a vizinhança e com a paisagem, são da mesma natureza e atribuem à arquitetura contemporânea em taipa um sentido que exige tanto a consideração da cultura dos lugares onde se implanta como a dos territórios metropolitanos de onde vem sendo valorizada e promovida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AA.VV. (1959). *A arte popular em Portugal* (Vol I). Lisboa: Editorial Verbo

AAP - AO (2004). *Arquitetura popular em Portugal* (Vol II). 4ª ed. Lisboa: Ed. Ordem dos Arquitetos.

Bastos, A. (2005). A arquitectura contemporânea na Costa Alentejana. In *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

Caetano, P. (2011). *Terra crua: Arquitectura de natureza*. Lisboa: Bizâncio

Correia, M. (2007). *Taipa no Alentejo*. Lisboa: Argumentum

Correia, M.; Fernandes, M. (coord.) (2005). *Arquitetura de terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum

Galhano, F; Oliveira, E. (1992). *Arquitectura tradicional portuguesa*. Col. Portugal de Perto, Biblioteca de Etnografia e Antropologia, nº24, Lisboa: Edições Dom Quixote

Le Bayon, F. (2004). *Les nouveaux habits de la terre* [Registo vídeo]. Austria, Espanha, França, Portugal: Lieurac Productions. 1 DVD (49 min): color.

Leal, J. (2000). *Etnografias portuguesas (1870-1970). Cultura popular e identidade nacional*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, Colecção Portugal de Perto

Motta, M; Piedade, A. (1999). Construções em terra crua no Baixo Alentejo, Portugal. Tecnologia e material adequados para zonas rurais. In *Jornadas sobre Construção em terra aditivada*. Lisboa: Ed. Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, (s.p.).

Oliveira, E. V. de; Galhano, F. (1959). *Arquitectura*. In *A arte popular em Portugal.* Vol I. Lisboa: Editorial Verbo.

Prista, P. (2006). Morar na terra. In Terra: Forma de Construir. Arquitectura. Antropologia. Arqueologia. 10ª Mesa redonda de Primavera. Lisboa: Argumentum, pp. 47-50.

Ribeiro, O. (1961). A civilização do barro no Sul de Portugal. In *Geografia e civilização: temas portugueses*. Lisboa: Livros Horizonte

Torres, C. (2010). Técnicas e formas de construção no Sul Islâmico. In *As idades da construção, técnicas e saberes da construção tradicional e sua aplicação à arquitectura contemporânea.* Lisboa: Ed. IEFP, pp. 87- 91

Currículo

Susana Tavares Sequeira: Licenciatura em Arquitectura de Interiores (1998), Formação Completar em Arquitectura (2001) pela Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa. Tem desenvolvido projetos individuais e feito investigação sobre construção em terra, nomeadamente taipa, desde 1997. Participa como formadora e na organização de formações sobre construção em terra desde 2004. Membro das Associações "Matriz, adl" e "Centro da Terra".

ECOESCUELA EL MANZANO: UN REFERENTE DE SUSTENTABILIDAD. EVALUACIÓN TÉRMICA DE UNA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA

Ingrid Valenzuela Fernández[1], Jeannette Roldán Rojas[2]

Diplomado en Arquitectura Sustentable, Escuela de Postgrado.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile
[1]ingridvalen@gmail.com; [2]jroldan@uchilefau.cl

Palabras claves: Sustentabilidad, educación, difusión, comportamiento térmico

Resumen

El artículo refiere al florecer de movimientos y agrupaciones eco sociales, vinculadas a la construcción natural aplicada al uso de la tierra, a la formación de asentamientos sustentables y a la permacultura. Estas agrupaciones han desarrollado, un importante trabajo educativo con la comunidad, capacitándola y haciéndola parte del proceso de construcción; además han desarrollado programas de difusión sobre la reutilización y revalorización de la tierra, promoviendo sus características inherentes tales como la inercia térmica, las propiedades terapéuticas; y sus ventajas y/o beneficios económicos, ecológicos y sociales que contribuyen al desarrollo sustentable.

En relación a lo anterior se propone la *Ecoescuela El Manzano*, obra sobre arquitectura en tierra que responde a los principios del desarrollo sustentable basado en una concepción holística. Se destaca en ella su proyecto educativo, fundamentado en el "diseño regenerativo" para crear un futuro resiliente en transición hacia la sustentabilidad, reconociéndose como un referente y precursor de permacultura en Latinoamérica.

Siendo la ecoescuela el modelo de estudio, se plantea como objetivo principal comprobar la eficiencia térmica al aplicar sistemas y técnicas constructivas de tierra mediante un método experimental de evaluación; con la finalidad de aportar con antecedentes técnicos al proceso de autoconstrucción colectiva y aprendizaje social. Para esto se realizó un estudio y recopilación, de antecedentes sobre los materiales empleados: espesores, características térmicas y ópticas, los cuales fueron ingresados a Ecotect, junto a los antecedentes climáticos de la zona, entre otros datos.

Se expone la metodología empleada, el proceso de análisis y los resultados obtenidos, proponiendo nuevas estrategias de diseño para mejoramiento del confort térmico, en las zonas del edificio donde se presentaron pérdidas de calor y enfriamiento interno.

Por último la investigación y el análisis, inducen a la reflexión sobre las posibilidades y beneficios de la tierra cruda, como material contemporáneo de construcción y su contribución sustentable.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El tema de investigación parte de la base motivacional, de entender la sustentabilidad en la arquitectura; más allá de ocupar estrategias de diseño eficiente, dentro de la construcción con materiales derivados de la petroquímica y otros procesos industriales. Pretende más bien, difundir un concepto holístico, respetando el medio ambiente y los principios de la naturaleza, donde nada se desecha y todo forma parte de ciclos que se regeneran, entendiendo los materiales como nutrientes, los cuales nos aportan salud y bienestar. Es así como toma relevancia, el ciclo de vida de los materiales[1] y se hace indispensable involucrar el concepto de la "cuna a la cuna" donde los materiales empleados se pueden reutilizar, retornar al ciclo industrial o volver a la tierra sin contaminar. A diferencia de los procedimientos utilizados masivamente hoy, basados en los recursos naturales, la industrialización y los desechos (Braungart; McDonough, 2005).

Estos principios y valores los encontramos en la bioconstrucción, potenciada fuertemente por la tierra cruda como uno de los materiales principales. El rol y responsabilidad social

incorporada en la construcción con tierra es altísimo, permitiendo el empoderamiento de las personas con la obra al brindar la posibilidad de autoconstruir. Creando un aprendizaje y educación de la población sobre las características propias de la tierra, sus ventajas y beneficios sustentables y también sobre la experiencia en el proceso constructivo; lo que incide en la toma de conciencia frente al cuidado del medio ambiente y la importancia de respetar los ciclos de vida; contribuyendo a estos fundamentos éticos desde la arquitectura.

De acuerdo a estas premisas se propone la Ecoescuela El Manzano, como referente de la investigación, al promover, educar y difundir el uso de la tierra. Se realiza un análisis técnico de la eficiencia y comportamiento térmico de la obra, con la finalidad informativa de colocar a disposición de la ecoescuela y la comunidad los resultados de la evaluación.

Por último, la ecoescuela aporta generosamente al argumento teórico del artículo, con sus cimientos en la permacultura transita sin prisa, sin pausa hacia un futuro resiliente y sustentable.

1.2 Estado de la cuestión

En los últimos quince años aproximadamente la construcción en tierra, ha denotado una condición social precaria siendo habitualmente descalificada, exceptuándose de esta desacreditación las obras pertenecientes al patrimonio nacional. No obstante, en la reciente década ha nacido en América Latina un movimiento eco-social, revolucionario, promovido por la permacultura, reconociéndose en ella a Bill Mollison y David Holmgren como sus creadores[2]. Este movimiento ha generado un proceso educativo en su entorno social y la ha familiarizado con la arquitectura en tierra, con sistemas bioconstructivos y con modelos de hábitats sustentables, dando a conocer una nueva alternativa de vivienda a la que se puede acceder, unida a una cantidad de características positivas, como confort térmico, economía, identidad y propiedad de los espacios, entre otras.

La revalorización de la arquitectura en tierra cruda, ha tenido distintos procesos en los países latinoamericanos; en Argentina por ejemplo, en la localidad del Bolsón, ubicada en la provincia de Río Negro, surge de la mano de movimientos sociales de autoconstrucción, a los cuales se ha sumado mano de obra capacitada y profesionales expertos que asisten el proceso constructivo[3]. En la actualidad la municipalidad de El Bolsón, cuenta con una la Ordenanza de Construcción con Tierra Cruda, aprobada en diciembre del año 2010, lo cual responde al trabajo de una comunidad organizada y concientizada. Este reglamento tiene una sólida fundamentación técnica, que contempla las previsiones necesarias para la calidad sismo-resistente; se fundamenta también en documentos académicos y normativas locales e internacionales, tales como

> *el reglamento peruano de construcciones NTE E.080 (2000), la normativa de edificación española UNE 41410 (2008), la declaración pública del Colegio de Arquitectos de Chile "Construcción en Adobe" (2010), el documento con referencias mundiales y nacionales sobre normativas vinculadas a la Construcción con Tierra avalado por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (2010), entre otros. El texto de la ordenanza también alude al ya declarado Interés Municipal en las experiencias de investigación y desarrollo en la construcción natural en la comunidad, así como la Resolución nº 095/10 sobre la Emergencia Habitacional de El Bolsón* (Consejo Deliberante; El Bolsón, 2010, p.1).

Otro ejemplo lo encontramos en Uruguay donde la reutilización de la tierra en la construcción se inicio en los estudios de arquitectura que se propusieron el tema, patrocinados además, por su historia arquitectónica en tierra. Este proceso ha tenido gran aceptación en la sociedad uruguaya, debido al diálogo técnico entre especialistas; proyectista y municipio[4].

Por lo tanto, se puede observar de los casos mencionados un momento crucial que vive América Latina, el cual hace referencia a la necesidad de una pronta normalización y legislación de la construcción en tierra. Falta mayor ocupación gubernamental al respecto en la medida que se va acrecentando el movimiento social.

Dado el creciente interés por el antiguo material, y ante la falta de un marco legal muchos países intentan normalizar su uso para resolver los problemas actuales derivados de la ausencia de una normativa que permita el uso de las técnicas de construcción con tierra cruda. En el campo de la aplicación de la edificación con tierra son muchos los países que en los últimos años trabajan en la normalización destacan Colombia (2005) y España (2008), con la publicación de nuevas normas; Chile, Ecuador, México y Nicaragua, desarrollando futuras normas; o Perú mejorando documentos ya existentes (Cid et al, 2011, p.160).

1.3 Objetivos

El objetivo general en la investigación fue comprobar mediante un método experimental la aplicación de sistemas y técnicas constructivas en tierra como una alternativa térmica eficiente y sustentable de arquitectura y construcción.

En relación a esto, los objetivos específicos fueron:

1. Evaluar la Ecoescuela desde el punto de vista térmico, mediante el programa Ecotect.
2. Analizar y determinar si la obra responde eficientemente con la materialidad empleada.
3. Poner a disposición de la Ecoescuela y de su comunidad, los resultados obtenidos en la evaluación, como material de apoyo técnico al trabajo colectivo de autoconstrucción y aprendizaje sobre construcción en tierra promovido por la Ecoescuela El Manzano.

2. ANTECEDENTES DEL EDIFICIO

2.1 Antecedentes del edificio

La ecoescuela se ubica en la comuna de Cabrero, octava región; en la localidad rural El Manzano. Fue Construida con mano de obra comunitaria, se utilizaron materiales naturales del sector, principalmente: madera, paja, coligües y materiales reciclados, como la tierra recogida y reutilizada de viviendas de adobe de la comuna, destruidas por el terremoto de Febrero 2010.

La ecoescuela se orienta hacia el norte, posee espacios intermedios como corredores que la protegen de la intemperie, la lluvia y el sol. Se presentan para una mayor claridad en la figura 1 las vistas según cada orientación de la Ecoescuela.

Figura 1. Vistas de la Ecoescuela

El edificio tiene una superficie total de 403 m^2 construidos en dos niveles, en el primer nivel de 347 m^2 se encuentran, el comedor espacio principal y multifuncional de doble altura, la cocina, bodega, oficina y hall de acceso. En el segundo nivel se ubica la sala de reuniones y actividades, y una antesala balconada al comedor.

2.2 Sistemas y técnicas constructivas

El sistema constructivo de la ecoescuela, está basado en una fundación corrida de hormigón armado, incorporando en sus cimientos bolones de piedra extraídos del sector. El sistema estructural es en base a pilares y envigado, los primeros son de madera de roble (*Nothofagus obliqua*) de 20 cm x 20 cm de escuadría; esta madera fue recuperada de un viejo galpón en desuso del sector de Yungay. Los pilares se anclaron al sobrecimiento a través de pletinas de 3 mm de espesor. Los pies derechos y diagonales fueron ejecutados en madera de pino insigne (*Pinus radiata*) aserrada. El edificio también presenta columnas en su espacio principal, comedor, en rollizo de pino insigne de 30 cm de diámetro, ambos elementos verticales sostienen el envigado principal y secundario que conforman la estructura de cubierta.

En la tabiquería se incorporó el sistema de quincha confeccionado con coligües del sector. En toda la envolvente vertical y tabiques se aplicó la técnica de relleno de paja encofrada o apisonada la cual es utilizada como aislación térmica con un ancho de 20 cm. La paja que viene en fardos fue zarandeada para mezclarse con una pasta de arcilla y agua. Se calculó en la ejecución de la obra que la mezcla de un fardo desarmado de paja con arcilla rinde de 3 m^3 a 4 m^3.

Se aplicó revoque exterior e interior en todos los paramentos verticales, revoque grueso (1 medida de arcilla, 2 ó 3 medidas de arena y 1 ó 2 medidas de paja) y revoque fino (1 medida de arcilla zarandeada, 1 medida de arena fina zarandeada y 1 de engrudo), se contempló el trabajo de pinturas naturales, murales con relieve y mosaicos en sus fachadas.

El pavimento principal, consultó pastelones de arcilla cocida sobre radier. En la cocina se instaló cerámica en piso y paredes.

Por último, mencionar que en el modelo evaluado se probaron dos tipos de cubierta, una tradicional de zincalum ondulado cubriendo mayor parte del edificio y la otra es la cubierta verde o techo vivo, sobre la sala de reuniones del segundo piso.

3. METODOLOGÍA: ANÁLISIS TÉRMICO DE LA OBRA MEDIANTE EL SOFTWARE ECOTECT

3.1 Antecedentes climáticos y reglamentación térmica para la localidad de Cabrero

La comuna de Cabrero se encuentra en la latitud -37,0° y longitud -72,7°. De acuerdo a la NCh. 1079 – 2008, climático habitacional corresponde a la zona central interior, CI. Presenta un clima templado, con cálidos veranos que alcanzan temperaturas sobre 30°C, y fríos inviernos con mínimas de –1°C.

La comuna de Cabrero se encuentra en la zona térmica 4; por este motivo se utilizó como referencia, el artículo 4.1.10. de la O.G.U.C. y su respectivo manual de reglamentación térmica exigido en la vivienda chilena (2006). Se requiere cumplir en esta zona con una transmitancia térmica, “U” igual o menor o una resistencia térmica total “Rt” igual o superior. En techumbre: U de 0,38 W/m^2K y Rt de 2,63 m^2K/W, en muros: U de 1,7 W/m^2K y Rt de 0,59 m^2K/W, y finalmente en pisos ventilados corresponden U de 0,60 W/m^2K yRt de 1,67 m^2K/W [5].

3.2 Horarios y uso de la Ecoescuela

En relación a los diferentes procesos de enseñanza y trabajo que se vivencian en la ecoescuela, se estimó una cantidad promedio de ocupantes de 20 personas, al inicio del análisis de todos los recintos del edificio. Estos datos de ocupación fueron introducidos en la planilla del programa generando distintas instancias y demanda de personas, durante el

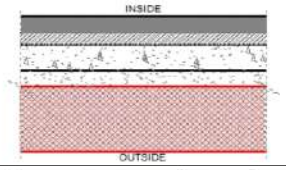
periodo de un año. Los tipos de ocupación que se propusieron fueron: cursos de capacitación, trabajo en la ecoescuela con voluntariado, períodos de vacaciones y fines de semana.

3.3 Creación de elementos constructivos. Valores térmicos

La figura 2 muestra la creación de los elementos constructivos más relevantes que componen la envolvente de la construcción.

FICHA CREACIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

1

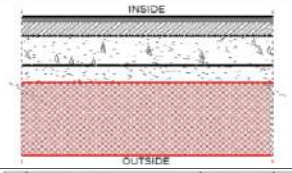


5. Pastelón de ladrillo
4. Mortero de pega
3. Radier
2. Arena
1. Estabilizado

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	estabilizado compactado	0.200	2000.0	1840.000	0.520	95
2.	arena	0.050	1500.0	920.000	0.580	115
3.	radier	0.080	1600.0	920.000	0.730	35
4.	mortero de pega	0.040	1000.0	750.000	0.460	25
5.	pastelón de ladrillo	0.050	1000.0	750.000	0.460	85

RADIER CON PAVIMENTO PASTELONES DE ARCILLA COCIDA
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 3.418 W/m2k

2

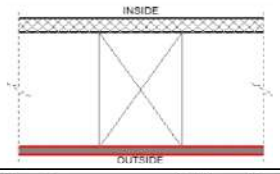


5. Cerámica
4. Mortero de pega
3. Radier
2. Arena
1. Estabilizado

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	estabilizado compactado	0.200	2000.0	1840.000	0.520	95
2.	arena	0.050	1500.0	920.000	0.580	115
3.	radier	0.080	1600.0	920.000	0.730	35
4.	mortero de pega	0.040	1000.0	750.000	0.460	25
5.	cerámica	0.015	0.0	1042.000	1.750	85

RADIER CON PAVIMENTO CERÁMICO
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 3.418 W/m2k

3

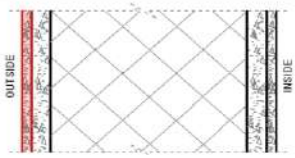


3. Terciado estructural
2. Estructura entrepiso
1. Yeso cartón

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Yeso carton	0.010	650.0	840.000	0.240	85
2.	Air Gap	0.150	0.0	1000.000	5.560	15
3.	Terciado estructural	0.018	700.0	1420.000	0.150	93

ESTRUCTURA ENTREPISO
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 2.160 W/m2k

4

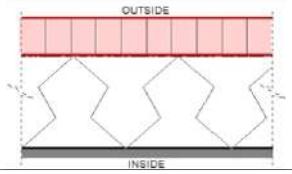


1. Revoque fino
2. Revoque grueso
3. Paja apisonada
4. Revoque grueso
5. Revoque fino

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Revoque fino	0.010	2100.0	920.000	0.930	35
2.	Revoque grueso	0.020	2100.0	920.000	0.930	35
3.	Pajaj apisonada	0.200	150.0	0.000	0.070	90
4.	Revoque grueso	0.020	2100.0	920.000	0.930	35
5.	Revoque fino	0.010	2100.0	920.000	0.930	35

MUROS, PAJA ENCOFRADA CON REVOQUE
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 0.710 W/m2k

5

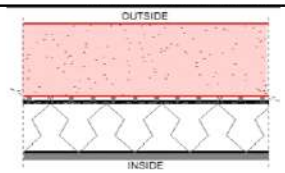


1. Cubierta zinc
2. Fieltro
3. Lana mineral
4. Terciado estructural

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Zinc	0.040	7130.0	380.000	112.000	75
2.	Fieltro	0.001	960.0	950.000	0.190	115
3.	Lana mineral	0.100	550.0	2301.000	0.343	45
4.	Terciado estructural 10mm	0.010	2500.0	840.000	1.050	85

CUBIERTA ZINC
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 4.580 W/m2k

6

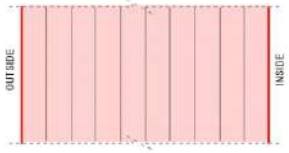


1. Sustrato de tierra
2. Fieltro protector
3. Membrana
4. Aislación térmica
5. Barrera de vapor

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Sustrato de tierra	0.150	300.0	1100.000	0.090	115
2.	Fieltro protector	0.010	960.0	950.000	5.560	15
3.	Membrana resist a raices	0.003	1000.0	980.000	0.220	115
4.	Aislación térmica	0.100	550.0	2301.000	0.343	45
5.	Barrera de vapor	0.001	960.0	950.000	0.190	45

CUBIERTA VERDE
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 0.550 W/m2k

7



1. Vidrio simple

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Vidrio simple con marco de	0.003	2500.0	837.000	1.200	75

VENTANAS, VIDRIO SIMPLE CON MARCO DE MADERA
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 6.000 W/m2k

8

1. Puerta madera de roble

	Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1.	Puertas madera de roble	0.050	800.0	1759.000	0.000	91

PUERTAS MADERA DE ROBLE
TRANSMITANCIA TÉRMICA U= 2.260 W/m2k

Figura 2. Ficha de elementos constructivos y valores térmicos

En cada uno de estos elementos, inicialmente se aplicó la NCh 853 Of.91, de cálculos térmicos, para determinar la conductividad de los materiales, luego se ingresaron al programa las características de los materiales que lo componen. Por ejemplo, para el caso

de los muros exteriores de paja encofrada con revoque, como lo indica la figura 2, en el recuadro n°4, se ingresaron los datos de espesor, densidad, calor específico y conductividad de cada material, antecedentes tanto para revoque fino, revoque grueso y paja apisonada. Así el programa entrega el valor de transmitancia térmica del elemento en cuestión.

4. RESULTADOS

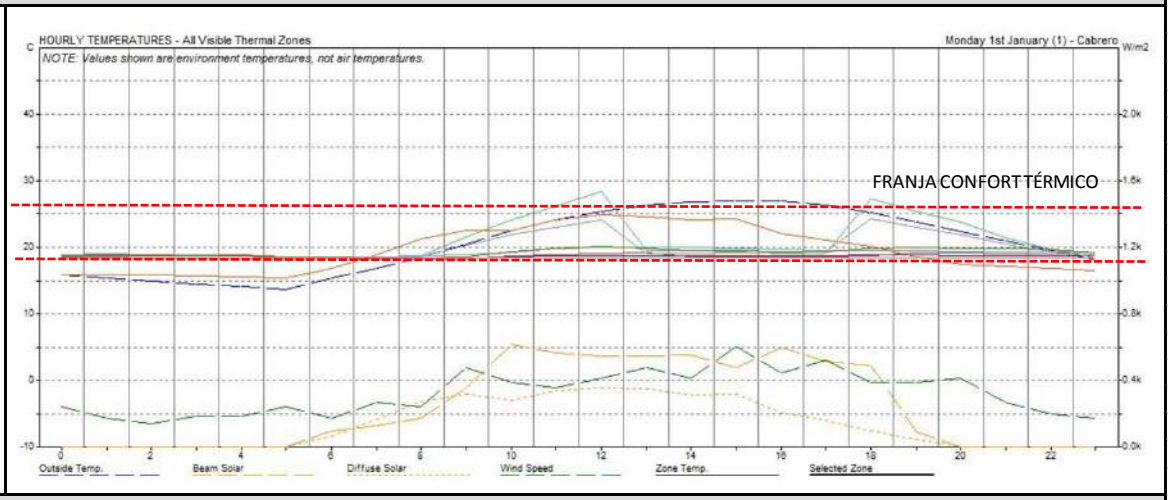
4.1 Comportamiento térmico

Comportamiento térmico de los recintos para el día promedio más caluroso del año

Según lo analizado para cada recinto, y como se indica en gráfico 1 de la figura 3, todos los espacios se encuentran dentro de la franja de confort térmico (18°C – 26°C) rango de temperaturas (tº) estimadas de acuerdo a la zona climática y la relación costo-calidad en la construcción. El espacio principal de la edificación cuenta con una temperatura promedio estable, dentro de la franja de confort térmico durante la jornada de ocupación de 8 hasta las 20 horas, con 20 personas. En la Tabla 1, indicada a continuación se destaca en azul la t° más baja y en rojo la t° más alta para este día, y en estas dos instancias el recinto responde óptimamente.

GRÁFICO COMPORTAMIENTO TÉRMICO EDIFICIO PARA EL DÍA PROMEDIO MÁS CALUROSO DEL AÑO

1



TABLAS DE TEMPERATURAS ENTREGADAS POR EL SOFTWARE

	HOUR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	INSIDE	16.0	15.9	15.8	15.7	15.6	15.4	16.9	18.9	**21.2**	**22.5**	**22.5**	**24.2**	**24.9**	**24.6**	**24.0**	**24.2**	**22.0**	**21.2**	**20.2**	**18.6**	**17.4**	17.1	16.9	16.5
1	OUTSIDE	15.9	15.4	15.0	14.5	14.1	13.7	15.4	16.8	**18.5**	**20.4**	**22.5**	**24.1**	**25.4**	**26.3**	**26.8**	**27**	**26.9**	**26.3**	**25.2**	**23.8**	**22.4**	21	19.5	18.1
	TEMP. DIF	0.1	0.5	0.8	1.2	1.5	1.7	1.5	2.1	**2.7**	**2.1**	**0.0**	**0.1**	**-0,5**	**-1,7**	**-2,8**	**-2,8**	**-4,9**	**-5,1**	**-5**	**-5,2**	**-5**	-3,9	-2,6	-1,6

TEMPERATURAS COMEDOR_ PARA EL DÍA PROMEDIO MÁS CALUROSO DEL AÑO

	HOUR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	INSIDE	18.3	18.3	18.3	18.3	18.2	18.1	18.2	18.4	**18.8**	**21.6**	**24.0**	**26.1**	**28.5**	**19.5**	**19.4**	**19.4**	**19.1**	**19.0**	**27.3**	**25.5**	**23.8**	21.4	19.6	18.3
2	OUTSIDE	15.9	15.4	15.0	14.5	14.1	13.7	15.4	16.8	**18.5**	**20.4**	**22.5**	**24.1**	**25.4**	**26.3**	**26.8**	**27**	**26.9**	**26.3**	**25.2**	**23.8**	**22.4**	21	19.5	18.1
	TEMP. DIF	2.4	2.9	3.3	3.8	4.1	4.4	2.8	1.6	**0.3**	**1.2**	**1.5**	**2.0**	**3.1**	**-6,8**	**-7,4**	**-7,6**	**-7,8**	**-7,3**	**2.1**	**1.7**	**1.4**	0.4	0.1	0.2

TEMPERATURAS SALA DE REUNIÓN 2° PISO_ PARA EL DÍA PROMEDIO MÁS CALUROSO DEL AÑO

Figura 3. Gráfico comportamiento térmico de todos los recintos del edificio, para el día promedio más caluroso del año. Tabla de temperaturas entregadas por el software para los recintos indicados.

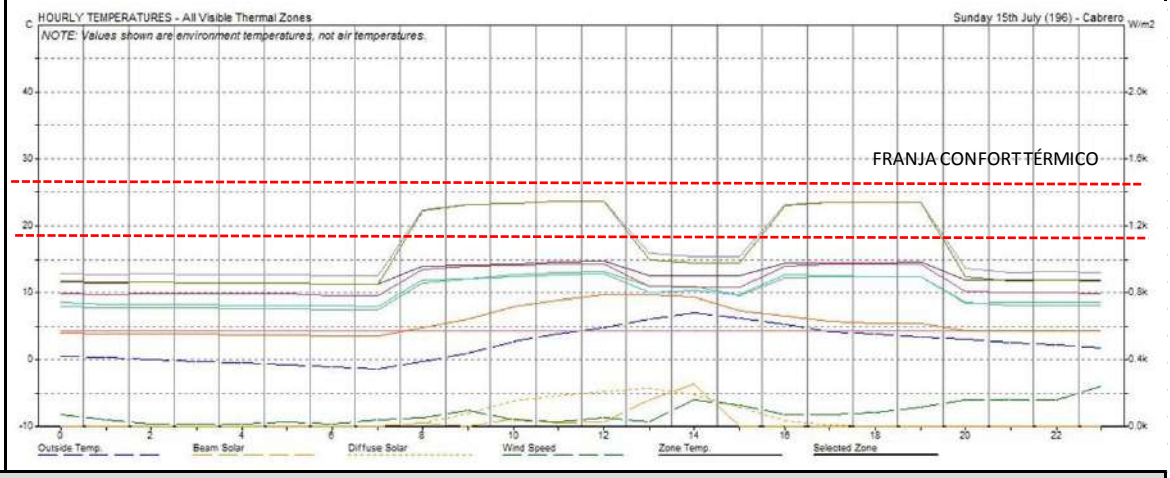
La sala del 2° piso, por ejemplo, supera la máxima de confort en dos instancias puntuales del día, como se indica en Tabla 1. Durante las horas de ocupación, destacadas en negrita, esta sala presenta mayores t° al medio día cuando encontramos el sol hacia el norte y en la tarde a partir de las 18 y 19 horas cuando el espacio recibe el sol del poniente, en estas dos instancias la t° interior pasa la franja de confort. En las horas que van desde las 13 a las 17, las t° interiores se vuelven más agradables, entregando bienestar a sus ocupantes.

Comportamiento térmico de los recintos para el día promedio más frio del año

Para el día promedio más frio del año, se concluye según el detalle para cada zona, indicado en figura 4, que todos los recintos aunque se encuentren por debajo de la mínima de confort térmico, obtienen ganancias llegando a diferencias de 12°C con respecto al exterior.

GRÁFICO COMPORTAMIENTO TÉRMICO EDIFICIO PARA EL DÍA PROMEDIO MÁS FRIO DEL AÑO

1



TABLAS DE TEMPERATURAS ENTREGADAS POR EL SOFTWARE

1

HOUR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
INSIDE	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.5	7.4	11.4	12.2	12.8	13.0	13.2	10.9	11.0	9.5	12.2	12.3	12.4	12.4	8.6	8.1	8.2	8.1
OUTSIDE	0.6	0.3	0.1	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,4	-0,2	1.0	2.7	3.8	4.8	6.1	7.0	6.3	5.2	4.2	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	1.8
TEMP. DIF	7.3	7.5	7.7	7.9	8.2	8.5	8.6	8.8	11.6	11.2	10.1	9.2	8.4	4.8	4.0	3.2	7.0	8.1	8.6	9.0	5.6	5.5	6.0	6.3

TEMPERATURAS SALA DE REUNIÓN 2° PISO_ PARA EL DÍA PROMEDIO MÁS FRIO DEL AÑO

Figura 4. Gráfico comportamiento térmico de todos los recintos del edificio, para el día promedio más fio del año. Tabla de temperaturas entregadas por el software.

Las temperaturas del comedor (espacio principal) también se encuentran por debajo de la zona de confort, con t° interiores que no superan los 9,7°C. Influyen en este espacio la superficie, alturas y volumetría del recinto. Este análisis fue realizado sin incorporar un sistema de calefacción.

Al igual que el espacio anterior, la sala del segundo piso se encuentra bajo el confort térmico, pero presenta t° internas constantes y ganancias térmicas de 11,6°C con respecto a las t° exteriores.

4.2 Ganancias y pérdidas de calor

Según la información obtenida en la simulación, para el día promedio más caluroso el edificio en su totalidad presenta pérdidas de calor interno por conducción y también debido a la adyacencia entre zonas. En cambio las ganancias de calor que obtiene son por la radiación solar directa e indirecta.

Para el día promedio más frio las ganancias calóricas obtenidas son aportes debido a la ocupación de personas, luminarias y equipos, como computadores. Hay una mínima ganancia de calor, entregada por la radiación solar directa a través de ventanas al medio día. Las pérdidas de calor se producen en este caso debido a la ventilación, filtraciones, y por la conducción entregada por los materiales de la envolvente.

4.3 Cargas mensuales de disconfort

La Ecoescuela los meses de enero, febrero y diciembre presenta mayores aportes de calefacción interna. Pero los meses que van desde mayo hasta octubre el gráfico indicado en la figura 5, muestra un enfriamiento interno siendo más inconfortable los meses de invierno. La ecoescuela aumenta sus requerimientos de energía entre los meses de marzo a

noviembre, en los meses más críticos de invierno junio, julio y agosto, la energía calórica que necesita se estima en 560 kW para alcanzar el confort térmico. Para el espacio principal, la energía calórica llega hasta los 280kW.

4.4 Ganancias de distribución pasiva

Según la información obtenida para todas las zonas, las mayores pérdidas de calor interno de las áreas son por conducción, que ocurre a través de los materiales empleados en la construcción de la envolvente, refiriéndose principalmente a los paños vidriados.

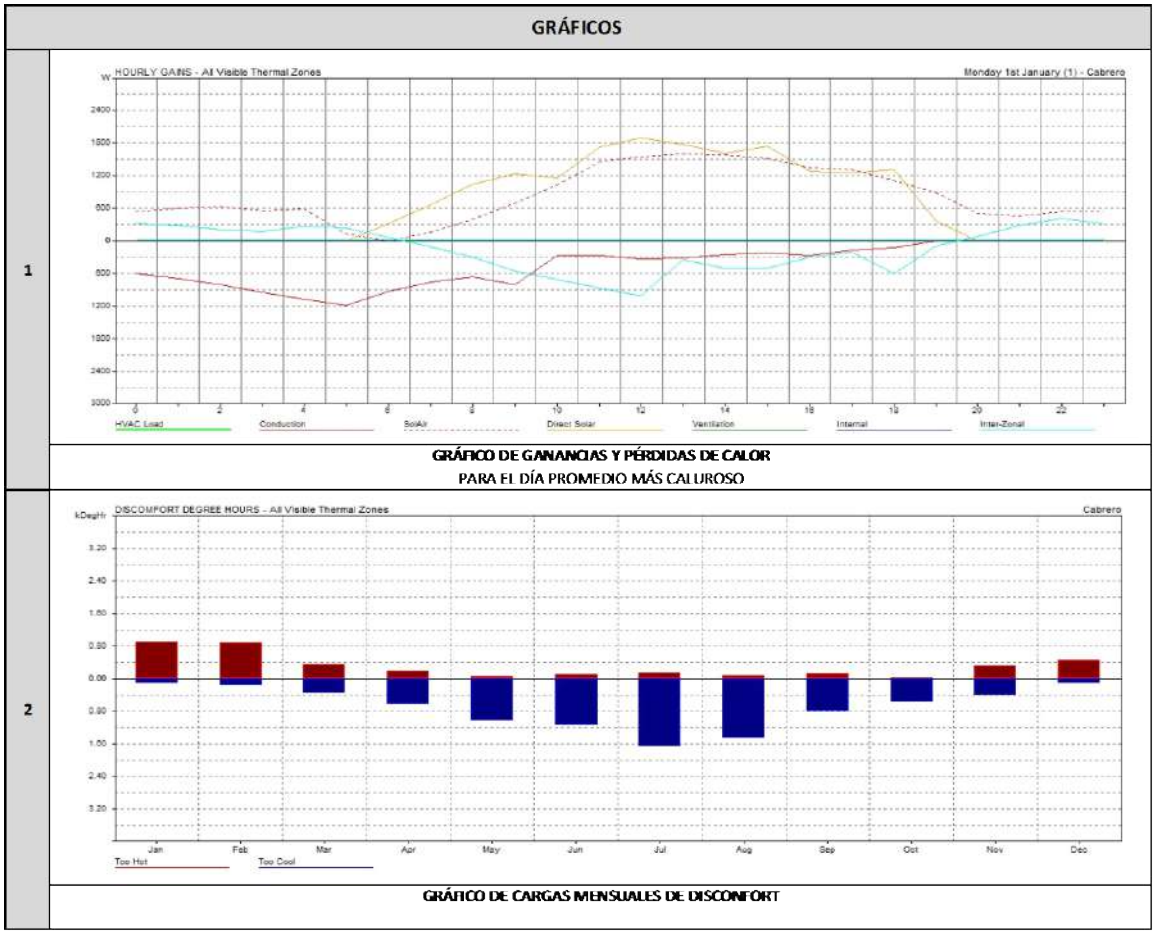


Figura 5. Gráficos según descripción

5. MODIFICACIONES AL PROYECTO

Debido a las observaciones y resultados obtenidos de los análisis anteriores, se realizan algunos cambios técnicos, para realizar un nuevo análisis térmico, y experimentar si con las intervenciones realizadas, se obtienen temperaturas de confort para los recintos e instancias en que se encontraban en disconfort térmico.

Las modificaciones son:

1. Aumento de espesor en muros perimetrales: debido a las pérdidas de calor, se aumenta la masa térmica. El espesor de revoque exterior en 2 cm y el espesor de la aislación de paja encofrada en 10 cm más, quedando en un total de 38 cm el muro terminado.
2. Cambio de ventanas: a cambio de la ventana de vidrio simple, se incorporan doble ventana, dejando una cámara de aire de 10 mm de espesor, en marco de madera. Se obtiene un valor de transmitancia térmica de U=2,70 W/m^{2}K, en comparación con el valor U=6,00W/m^{2}K otorgado por la ventana actual de vidrio simple.

3. Intervención sala de reuniones 2° piso: debido a que en esta zona las temperaturas internas aumentan la máxima de confort es que se prueba con las siguientes estrategias:

3.1- Incorporación de cubierta verde, para regular y disminuir la temperatura interior.

3.2- Apertura de vanos, incorporación de pequeñas ventanas hacia el sur, para producir ventilación cruzada.

3.3- Incorporación de ducto vertical que permite la ventilación del recinto. Este ducto es regulado para controlar la ventilación en invierno.

5.1Temperaturas horarias

Para el día más caluroso las t° interiores disminuyen, ingresando a la franja de confort dentro de los 26°C. Se informa que la variación es mínima, aproximadamente 2°C. Para el día más frio, no se aprecia un aumento en el confort térmico de consideración, las t° internas sí aumentan pero la diferencia es mínima.

5.2 Cargas mensuales de disconfort

Con las intervenciones realizadas hubo un aumento mínimo de calefacción interna para los meses de invierno y una disminución mínima de enfriamiento para los mismos meses de invierno, Por lo tanto la ecoescuela, con las intervenciones realizadas sigue siendo inconfortable para esta época, por lo cual se puede presumir que una alternativa viable de solución es incorporar algún sistema de calefacción[6].

6. CONCLUSIONES

En relación al objetivo general planteado, que es comprobar mediante un método experimental si la aplicación de sistemas y técnicas constructivas de tierra son una alternativa térmica eficiente y sustentable de arquitectura y construcción, se concluye según los resultados obtenidos de la investigación y simulación lo siguiente:

1. Los materiales y técnicas constructivas empleadas en la envolvente del proyecto, en paja encofrada y revoque de tierra cruda, mejoran el U de referencia exigido en la Reglamentación térmica para la zona 4 en muros (U= 1,7 W/m^{2}K), obteniéndose un U= 0,71 W/m^{2}K.

2. En cuanto al U solicitado en cubierta de 0,38 W/m^{2}K según reglamentación mencionada, la cubierta verde responde mucho mejor que la cubierta tradicional de zinc. (Cubierta verde U= 0,55 W/m^{2}K y cubierta de zinc U= 4,58 W/m^{2}K).Lo que nos demuestra con respecto a la transmitancia que la construcción natural sí es eficiente.

3. Luego de realizar el análisis, con los gráficos obtenidos, se concluye que la construcción tiene deficiencias en cuanto al bienestar térmico en invierno, ya que aquí se encuentra bajo la franja de confort, también presenta un enfriamiento interno y las mayores pérdidas de calor interior son por conductividad de los materiales de la envolvente. Según los resultados arrojados, se observa que esta pérdida se produce por un lado, por los cerramientos vidriados, debido al material ocupado, vidrio simple, el cual arroja una alta transmitancia (U=6.000 W/m^{2}k) generando zonas de baja resistencia térmica, y por otro lado, se debe a la gran volumetría y altura del espacio principal el cual requiere una mayor demanda de calefacción. Otro factor que provoca este enfriamiento interno es la falta de un espacio intermedio o chiflonera que controle las pérdidas de calor e infiltraciones con motivo del ingreso y salida de sus ocupantes.

4. No obstante, el resto del año se mantiene dentro de la franja de confort térmico, salvo algunos casos puntuales. Por lo tanto se estima que la solución puede ser el apoyo de algún sistema de calefacción, ya que según la data climática de la zona, las t°s promedios invernales van desde menos 1,4°C hasta los 7°C, dentro de las horas de

ocupación de los recintos, según lo indicado en la tabla de temperaturas entregada por el software.

Modificaciones al proyecto:

5. En relación a los cambios aplicados al proyecto como la incorporación de doble ventanas con cámara de aire y el aumento del espesor del muro para el recinto del comedor, entre otras, que responden a la pérdida de t° interior de la envolvente, podemos observar que con estos cambios se alcanza una t° interior de 18°C lo cual es bastante confortable para los meses de invierno.
6. Al incorporar un sistema de calefacción (biomasa) para suplir el disconfort térmico que en los meses de invierno se manifiesta en el espacio principal, el análisis nos arroja una potencia energética demanda para calefacción de 280 kW, en los meses de junio y julio.

Además de los resultados técnicos es necesario reflexionar sobre la contribución sustentable que la arquitectura en tierra cruda realiza. En este caso puntual con la edificación de la Ecoescuela El Manzano junto a los sistemas y principios de construcción natural empleados en ella. Se integran fuertemente los aspectos sociales, en la participación del proceso de construcción; los aspectos económicos, como el desarrollo de economías locales y la disminución del costo de la construcción al promover la recolección y el reciclaje, entre otras; se potencia además el cuidado y respeto por el medio ambiente, evitando el deterioro de ecosistemas, reduciendo y minimizando el consumo de recursos naturales no renovables; se integran también aspectos de salud, bienestar físico y espiritual otorgados como por ejemplo, por las propiedades terapéuticas de la arcilla[7]. En relación a esto se concluye sobre la importancia de la revalorización de la arquitectura en tierra, su potencialidad de uso y su aporte a la sustentabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braungart, M.; McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas.* Madrid: McGraw-Hill.

Cid, J.; Mazarrón, F.R., Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la Construcción. Vol. 63,523, 159-169*. Madrid: Universidad Politécnica, pp. 159-169.

Holmgren, D. (2002). *Permacultura. Principios y senderos más allá de la sustentabilidad.* Hepburn, Victoria: Holmgren Services.

Instituto de la Construcción (2006). *Manual de aplicación reglamentación térmica.* Santiago: Edicolor.

Municipio El Bolsón, Argentina. (2010). *Ordenanza de Construcción con tierra cruda.* Ed: Municipio El Bolsón. Disponible en http://www.cidep.org/acerca-de-cidep/construccion-natural/ordenanza

NCh 853 Of.91. *Acondicionamiento térmico. Envolvente térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas*.

NCh. 1079–2008. Arquitectura y construcción. Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

Norma E.080. Adobe. “El Peruano”. 10 de Junio 2006. Normas Legales. 320937. http://blog.pucp.edu.pe/media/688/20071206-E-080-Adobe.pdf

ISO 14040:2006E. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework. Second edition 2006-07-01

Notas

[1]Norma ISO 14040:2006E, evalúa el ciclo de vida de los materiales (ACV).

[2]La palabra permacultura fue acuñada por Bill Mollison y mi persona a mediados de los años 70s para describir un “sistema integral y evolutivo de especies de plantas perennes o perpetuas y animales útiles al hombre”.

Una definición más actual de la permacultura, que refleja la expansión del enfoque implícito en Permacultura Uno, es "el diseño conciente de paisajes que imiten los patrones y relaciones encontrados en la naturaleza, mientras generan abundante comida, fibras y energía para la provisión de las necesidades locales.” Las personas, sus construcciones y las maneras como se organizan son de importancia central en la permacultura. Así es que la visión de la permacultura como agricultura permanente (sostenible) ha evolucionado a la de cultura permanente (sostenible)”. (Holmgren; 2002, p.38).

[3]Paulina Ávila, Bioconstructora, Co-fundadora de CIDEP y organizadora del Bioconstruyendo. Reflexiones obtenidas en foro del 4° encuentro internacional Bioconstruyendo 2013, en Ecoescuela El Manzano, Cabrero, Chile.

[4]Carlos Placitelli, Arquitecto Uruguayo. Instructor del Bioconstruyendo. Reflexiones obtenidas en foro del 4° encuentro internacional Bioconstruyendo 2013, en Ecoescuela El Manzano, Cabrero, Chile.

[5] La edificación no contempla piso ventilado.

[6] Se proyecta construcción de estufa Rocket.

[7]Enunciados en tratados de sustentabilidad, como por ejemplo: Protocolo de Kioto, Principios de Certificación C2C “Cradleto Cradle”, Requisitos de certificación LEED, en la categoría *Materiales y Recursos.*

Currículos

Ingrid Valenzuela Fernández Arquitecta, UBB. Diplomada en Arquitectura Sustentable U. de Ch. Participó en 4° Encuentro Internacional Bioconstruyendo 2013, en Ecoescuela El Manzano.

Jeannette Roldán Rojas Arquitecta, U. de Ch. © Dra. UPM. Tecnologías Arquitectónicas y Constructivas. Académico Facultad de Arquitectura y Urbanismo. U. de Ch.

O EMPREGO DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS COM TERRA NA IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS PERIURBANAS NA AMÉRICA LATINA

Ana Cristina Villaça

Red Iberoamericana Proterra, Rede TerraBrasil, Grupo de Estudos de Hidrologia e Planejamento de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Arquitetura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro–Brasil 55 21 91466874 -anavillaca@gmail.com

Palavras-chave: saneamento, tecnologia social, construção não convencional.

Resumo

Este artigo está inserido no conceito de inovação em tecnologia social, como estratégia necessária ao enfrentamento da escassez e degradação de recursos naturais, acompanhado das desigualdades sociais que caracterizam grande parte das cidades latino-americanas. A flexibilização de técnicas de saneamento ambiental, sem o prejuízo da qualidade do tratamento aplicado, viabiliza o maior acesso da população a estes benefícios. Através da apresentação de uma solução técnica (biodigestor) para o tratamento de águas residuárias, a ser executado em BTC, o artigo pretende estimular o debate sobre novas abordagens para estruturas de saneamento, que permitam, inclusive, a terra como material de construção. Para ilustrar a proposta é apresentado o projeto de um biodigestor, dimensionado para uma edificação pública em processo de construção em Brasília/DF, Brasil. Esta estratégia se aplica a áreas ainda não atendidas por rede de saneamento, possibilita a capacitação de recursos humanos em técnicas construtivas com materiais locais como a terra, além de técnicas de saneamento ambiental, visando o enfrentamento da realidade local com recursos acessíveis. Com esta proposta, o artigo aborda os aspectos sociais da construção com terra e apresenta argumentos para que algumas estruturas de saneamento possam ser executadas com materiais de construção a base de terra, e assim apresentar possíveis caminhos para a reversão das condições adversas de saneamento, com a adoção de tecnologias apropriadas.

1. INTRODUÇÃO

O redescobrimento das técnicas construtivas com terra e a incorporação dos avanços tecnológicos a este material e suas técnicas, têm oferecido, para engenheiros e arquitetos, grande gama de soluções construtivas mais ecológicas. As técnicas com terra possibilitam construções de baixo consumo de energia, baixa emissão de carbono e alto benefício social. Estas vantagens têm sido muito destacadas em pesquisas, artigos e livros no meio acadêmico, porém, existem outras possibilidades de aplicação para estas técnicas que precisam ser mais exploradas, como por exemplo, sua utilização para a infraestrutura de saneamento.

Este artigo apresenta ideias iniciais de uma pesquisa mais ampla, na qual se pretende investigar as possibilidades técnicas, legais (ambiental e uso do solo) e econômicas da adoção de sistemas não convencionais de saneamento como solução adequada a localidades onde a rede de coleta e tratamento de esgoto é inexistente ou insuficiente, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para exemplificar, será apresentado, de forma sucinta, um exemplo de biodigestor projetado para o Jardim Botânico de Brasília/Distrito Federal, Brasil, para uma edificação de uso público a ser construída em bloco de terra comprimida (BTC). Não serão abordados aspectos mais amplos quanto às políticas de saneamento, ou no que tange ao dimensionamento deste equipamento, o objetivo é explorar a ideia suas potencialidades e fraquezas.

2. ANTECEDENTES

A carência de infraestrutura de saneamento é uma característica comum, em maior ou menor grau, às cidades latino-americanas. Atualmente, de acordo com dados divulgados pela UNICEF em 2008:

> *80 milhões de latino-americanos carecem de acesso à água potável e mais de 100 milhões não dispõe de serviços adequados de esgotamento sanitário. Ainda segundo a mesma instituição, apenas 14% das águas residuárias são tratadas e 40% do total de resíduos sólidos não são dispostos corretamente, contaminando o solo e mananciais de água* (Teixeira et al, 2012, p.420).

Regiões metropolitanas apresentam as maiores densidades populacionais, e concentram problemas, de ordem social e ambiental, decorrentes da ausência de infraestrutura em saneamento. Os problemas de ordem ambiental podem ser sanados com a adequada implantação de sistemas de saneamento, em especial, os destinados à coleta e ao tratamento de esgotos, antes de seu lançamento final. Os problemas sociais se evidenciam, dentre outros aspectos, na ausência de qualidade de vida, em decorrência da proliferação de vetores (por exemplo: moscas, ratos, e baratas) além do aumento da incidência de doenças infectocontagiosas e de veiculação hídrica. Estas constituem um forte indicativo de fragilidade dos sistemas públicos de saneamento (Heller 2008 apud Teixeira *et al*, 2012). Além disto, investimentos em saneamento propiciam o envolvimento pleno do cidadão no desenvolvimento de sua sociedade.

Zonas rurais e cidades afastadas dos grandes centros, menos populosas, e com maiores dificuldades de recursos e pessoal capacitado, dificilmente apresentam infraestrutura adequada, e são as que mais sofrem. Os motivos para que isso ocorra são variados, e vão desde a falta de investimento do poder público, até a falta de manutenção nos sistemas existentes causando sua obsolescência. Outro entrave para a universalização dos serviços de saneamento é a falta de flexibilidade quanto à tecnologia. A qualidade de atendimento e a eficiência do tratamento devem ser iguais, porém a flexibilização da tecnologia poderia viabilizar o maior número de pessoas e domicílios atendidos. Não há motivos para que se especifique uma mesma tecnologia para todos, visto que existem diferenças nas densidades habitacionais, tipo de solo, declividade de terreno, além de limitações ao pagamento pelo uso da água e rede de coleta. A escolha de uma única tecnologia pra atender a todos causa exclusão e ausência de sustentabilidade para o sistema. Densidades populacionais urbanas requerem soluções de grande porte e grandes investimentos tanto estruturais (obras) como não estruturais (educação ambiental, políticas de saneamento). Áreas menos densas como as rurais podem fazer bom uso de sistemas descentralizados.

Em geral, onde não há rede de coleta de esgotos, o lançamento ocorre diretamente no solo, o que requer extensas áreas de infiltração em valas no solo, sem geração de lodo e com custo de implantação e operação bastante reduzido, porém, pode gerar odores desagradáveis, além da proliferação de vetores, vermes, e risco de contaminação de culturas próximas (agricultura), dos trabalhadores envolvidos, do solo e do lençol freático. A figura 1 apresenta o aspecto de uma rua em bairro popular, na periferia de Brasília, distante aproximadamente 10 km da capital federal.

Figura 1. Aspecto de rua sem infraestrutura de saneamento. Foto: Valter Campanato/ Ag.Brasil

No município de Petrópolis, estado do Rio de Janeiro, apenas recentemente as concessionárias dos serviços de saneamento começaram a implantar sistemas não convencionais para o tratamento de esgotos, o que possibilitou o atendimento a muitas famílias até então desassistidas. Ao todo são cinco biodigestores e um biossistema, onde há o aproveitamento do biogás[1] para as famílias próximas.

Biodigestores são câmaras hermeticamente fechadas, onde é vertido o esgoto sanitário a ser tratado. No seu interior, ocorre o processo de fermentação, pela atividade anaeróbia das bactérias elas se alimentam dos nutrientes presentes no esgoto e proliferam, decompondo o material. As altas temperaturas atingidas e os ácidos produzidos durante a fermentação eliminam até 90% das bactérias patogênicas e até 100% dos coliformes fecais em um ciclo de 50 dias (Nimukunda, 2003; Fregoso et al, 2001 *apud* Ribeiro, 2011) Trata-se de reproduzir o mesmo processo natural de decomposição biológica que ocorre em mangues, pântanos e outros alagados naturais. Para isso, os esgotos são vertidos em uma câmara hermética, onde o processo de biodigestão ocorre de modo controlado e seguro. Neste processo de biodigestão haverá subprodutos sólidos, líquidos e gasosos, que podem ser revertidos em benefícios para a comunidade local.

A figura 2 apresenta um biodigestor semelhante ao que será construído, de modo que se tenha uma ideia do volume da construção e sua localização em relação ao nível do solo.

Figura 2. Biodigestor em construção no Haiti (www.oia.org.br/new/biosistemas_integrados.asp)

3. LOCALIZAÇÃO E MEMÓRIA DESCRITIVA

Em recente intervenção, ainda na fase de projeto de uma edificação de uso público, cuja construção será iniciada no segundo semestre de 2013, foram elaborados os projetos dos sistemas complementares hidrossanitários, eletromecânicos, e de detalhamento construtivo com o objetivo de dotar a construção de eficiência energética e sustentabilidade. A edificação, projetada para ser construída em BTC, será equipada com telhado vegetado, captação de águas de chuva para reuso nas descargas sanitárias, abastecimento de energia através de módulos fotovoltaicos, e sistema integrado de biodigestor. O biossistema em questão foi projetado para atender às necessidades de uma edificação de uso público, com frequência de 200 pessoas ao dia a ser construída dentro do Jardim Botânico de Brasília, no bioma do cerrado brasileiro (Villaça, 2011).

A implantação de um biodigestor faz parte da estratégia de biossaneamento, que tem por objetivo a coleta, o tratamento e a destinação final das águas servidas oriundas dos sanitários. Os materiais utilizados na construção dos biodigestores devem ter alta

durabilidade, formas simples e baixo custo de instalação e manutenção. Este biodigestor poderia ter sido especificado e instalado como uma peça pronta em material polimérico, o que iria reduzir bastante o tempo de execução do sistema. Porém, a opção pela sua montagem em BTC se deve ao fato de agregar valor social não somente ao sistema de saneamento e ao edifício como um todo. Este valor social agregado ocorre pela capacitação de moradores das proximidades da construção, tanto para a confecção dos BTC, como para a construção e operação do biodigestor. Desta forma, com o propósito de construir o biodigestor, as pessoas poderão ser capacitadas para que conheçam as técnicas utilizadas, tanto na produção de BTC, como na montagem e operação do sistema. Experiência semelhante está sendo conduzida pelas ONGs VivaRio e OIA, no Haiti desde 2009, até 2012 foram concluídos 90 biodigestores, com capacidade para tratar os esgotos e oferecer energia (biogás), sem adição de qualquer produto químico.

O uso de biodigestores é anterior ao século XX, na Inglaterra, o biogás era utilizado para a iluminação pública. (Brow, 1987 apud Ribeiro, 2011). Sua aplicação pode ser bem variada, devido aos diferentes modelos e formas de funcionamento existentes e que podem ser caracterizados quanto ao fluxo de entrada (contínuo, semi-contínuo, regime estacionário ou de movimento horizontal), ou ainda quanto ao tipo de construção (chinês, indiano, ou de batelada). Atualmente, existem no mercado, diversos modelos e fabricantes de biodigestores, confeccionados em polietileno de alta densidade, que poderia ser comprados, e instalados em uma escavação do solo e posto para funcionar em um curto período. Porém, o escopo de projeto da edificação que abrigará este biodigestor, solicitava que o edifício deveria apresentar eficiência energética e sustentabilidade. Resolvida e comprovada através de cálculos, a questão da eficiência energética, faltava agregar maior valor social à construção. Uma vez que a construção seria executada em BTC, naturalmente foi sugerido que o biodigestor fosse executado com o mesmo material. Assim, foi desenvolvido o projeto, com todos os cuidados técnicos necessários para o bom funcionamento do biodigestor.

O processo produz três tipos de produtos: sólido (lodo), líquido (água tratada) e gasoso (biogás) e todos podem ser aproveitados em uma pequena propriedade de modo a aumentar a sua autonomia e sustentabilidade. O biogás pode ser utilizado em fogões convencionais, bastando fazer os ajustes necessários para adequá-lo à pressão de entrada do gás no fogão. Pode ainda, com o auxílio de um gerador, ser utilizado para acionar pequenos motores estacionários. Por ocasião da limpeza de manutenção do biodigestor, o lodo removido poderá ser utilizado como biofertilizante para a agricultura orgânica. Já a água proveniente deste processamento, poderá ser utilizada para irrigação, ou cultivo de peixes. Desta forma, a implantação de um biodigestor resulta na redução do consumo de energia de matriz não sustentável.

4. ANÁLISE CRÍTICA: UMA PROPOSTA DE INOVAÇÃO EM BIOSSANEAMENTO E CONSTRUÇÃO COM TERRA

Muitos dos profissionais que buscam soluções de baixo impacto ambiental (baixa emissão de CO_2, e baixos consumos de energia e de água) encontraram na arquitetura e construção com terra uma solução para a mitigação dos impactos provocados por processos construtivos altamente impactantes praticados atualmente. Na América Latina, estes processos além de impactantes ao meio natural, são também excludentes socialmente, pois não possibilitam aos menos favorecidos o acesso à moradia, visto que a política habitacional praticada, em geral, privilegia famílias com faixa salarial acima de cinco salários mínimos. Ainda que este quadro esteja se modificando lentamente, ainda há muito o quê fazer no que tange as habitações de interesse social.

Dentre os impactos ambientais causados pelos processos construtivos convencionais estão: a exploração da matéria-prima não renovável, os resíduos gerados pela indústria de transformação, as emissões causadas pela distribuição do material até as obras, e ainda o desperdício que chega a 30%. Ao incorporar o conceito de inovação tecnológica e tecnologia social, como estratégias necessárias ao enfrentamento da escassez e

degradação de recursos naturais, acompanhado das desigualdades sociais que caracterizam grande parte da população latino-americana, surgiu a ideia de produzir localmente uma infraestrutura de saneamento que fosse independente das redes coletora pública. A ideia é construir o biodigestor com a maior quantidade possível de material produzido localmente, os BTC, e desta forma explorar o potencial da terra como material de construção, ainda mais importante em face à crise energética e de escassez de água em grandes extensões de áreas por todo o mundo. Algumas partes do biodigestor, porém, deverão ser em concreto armado, como o fundo, e as paredes internas deverão receber uma camada impermeabilizante à base de cimento. Produzir os BTC localmente para montar o biodigestor, visa minimizar o uso de materiais industrializados e diminuir os problemas citados, o que cria grande possibilidade de sustentabilidade na construção.

Esta estratégia permite que, em áreas desprovidas de investimento em infraestrutura de saneamento, a população local, possa com seus próprios recursos, ou seja, com sua própria mão-de-obra e materiais locais, dotar sua vizinhança de tratamento adequado dos esgotos ali produzidos. As vantagens da utilização deste sistema não convencional podem ser verificadas nas três etapas da concepção, execução e operação, conforme demonstrado comparativamente na tabela 1.

Tabela 1. Quadro comparativo de implantação do biodigestor e do sistema convencional. Adaptado de Teixeira et al (2012)

Nãoconvencional	Convencional
Concepção	
Necessidade de pequenas áreas Auto-sustentabilidade do sistema Discussão com a comunidade beneficiada Estudo de permeabilidade do solo	Necessidade de grandes áreas Escala mínima para sustentabilidade do sistema Licenciamento ambiental Discussão com atores da sociedade Horizonte de projeto de longo prazo
Execução	
Comunidade executa a obra Curta duração Educação e hábitos de higiene pessoal Baixo custo	Serviço executado por terceiros Longa duração Campanhas de esclarecimento da população quanto ao novo sistema e alto custo
Operação	
Infiltração de esgotos tratados no solo Baixíssimo custo operacional Autogestão do serviço Serviço nãotarifado	Pontos de descarga para lançamento dos esgotos tratados Custo operacionalestação de tratamento esgoto Controle operacional Serviço tarifado

Para os países em desenvolvimento, investir em saneamento e água potável é um investimento em desenvolvimento humano com grandes retornos econômicos, pois, em média, a cada US$1 investido em saneamento, são produzidos US$9, em tempo poupado, em maior produtividade e em redução de custos quanto à saúde da população (WHO, 2013). Os serviços de saneamento e abastecimento de água são aceitos mundialmente como essenciais à vida humana e por isso devem ser universalizados.

Nos últimos 30 anos, a busca por soluções menos impactantes ao meio ambiente tem feito ressurgir técnicas mais simples e que em muitos casos são oriundas do saber local, e que com os avanças das ciências, especialmente quanto à engenharia de materiais, é possível dotar antigas ideias com novas possibilidades de soluções e que, ainda assim, atendam às necessidades apresentadas pela sociedade atual.

Sistemas descentralizados como os biodigestores são alternativa para as localidades desprovidas de rede pública de coleta e tratamento de esgotos, a implantação de biodigestores oferece bons resultados. Os biodigestores podem atender individualmente uma habitação ou ainda um pequeno conjunto de habitações, bastando para isso dimensioná-lo para que opere com segurança. Os biodigestores podem ser aeróbios ou

anaeróbios, e têm por finalidade principal a remoção dos poluentes e patogênicos orgânicos, mas também podem ser utilizados para a produção de biogás. Seu projeto deve ser pensado com bastante cautela, pois nem todas as pessoas estão dispostas a dispensar parte de seu tempo com os cuidados que um biodigestor requer, ou seja, todo o benefício que ele proporciona exige cuidados na sua manutenção.

A implantação de um biodigestor faz parte da estratégia de biossaneamento da edificação, e tem por objetivo a coleta, o tratamento e a destinação final das águas servidas oriundas dos sanitários. Estes esgotos irão passar por um processo de biodigestão anaeróbio, em que bactérias se proliferam e farão a decomposição dos nutrientes presentes. No caso deste projeto, a sua disposição final ocorre nos jardins térreos, para onde são conduzidos os efluentes tratados, para fazer a ferti-irrigação. Dimensionado para tender um público de 200 visitantes ao dia, foi orçado em maio de 2011, em R$ 3.500,00, algo em torno de US$ 2.000. (Villaça, 2011), considerando material e mão-de-obra, e sem considerar custo de projeto e acompanhamento de obra, por se tratar de obra pública, exige licitação, e foi descartada a possibilidade de mutirão. Isso, porém, nãoinviabiliza a possibilidade de capacitação de moradores durante a fabricação dos blocos e montagem do biodigestor, como fez Hassan Fathy no processo de construção de Nova Gurna, quando implantou o treinamento em serviço.

Uma vantagem econômica da implantação do biodigestor é o aproveitamento dos gases gerados para acionar algum motor. Como este aproveitamento não é o foco para esta edificação, vale iniciativa de tratar localmente todo o esgoto gerado, aliviando a sobrecarga na rede de coleta de esgotos.

Os critérios de escolhas dos locais a serem beneficiados com a instalação de redes de coleta e tratamento de esgotos, leva em consideração o número de beneficiários do serviço a ser implantado. Desta forma, as comunidades mais afastadas, ou com menor número de habitantes, não são contempladas por estas escolhas, até que se tornem núcleos de aglomeração de população. As densidades populacionais urbanas requerem soluções de grandes porte e investimentos tanto estruturais (obras) como não estruturais (educação ambiental, políticas de saneamento, por exemplo).

A flexibilização da escolha das tecnologias de tratamento de águas servidas pode oferecer vantagens a comunidades distantes das grandes cidades, onde a implantação de rede coletora e o tratamento de esgotos são inviáveis, por suas características físicas, especialmente para pequenas prefeituras, onde há carências de planejamento urbano e da gestão de saneamento. Para ilustrar estas diferentes possibilidades, as figuras 2 e 3 apresentam a versão pronta e uma versão construída *in loco* de um biodigestor, que pode ainda ser em concreto armado, em blocos de concreto, em tijolos cozidos, ou em BTC como este.

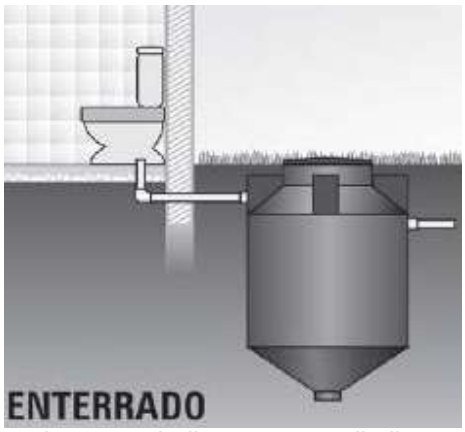


Figura 2: Biodigestor em polietileno. (www.acqualimp.com/biodigestor.php)

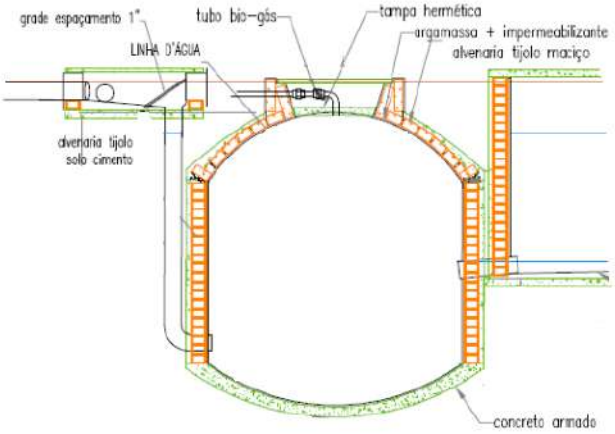


Figura 3: Corte esquemático para um biodigestor construído em BTC (Villaça, 2011)

Ainda que apresente algumas partes em concreto, o biodigestor em BTC oferece vantagens ambientais e sociais na sua cadeia produtiva, que o equivalente industrializado não oferece.

5. REFLEXÕES FINAIS

As vantagens que os biodigestores podem proporcionar já são bastante conhecidas: eliminação de quase a totalidade dos agentes patógenos presentes nos esgotos antes de lançá-los de volta ao ciclo hidrológico, o que evita a degradação do meio ambiente; produção de biogás para o consumo *in loco* ajuda a aliviar a pressão sobre as outras fontes de energia, especialmente as de origem fóssil; produção de biofertilizante através da limpeza do lodo de fundo, que pode ser utilizado em hortas orgânicas para melhorar a qualidade dos vegetais.

Adicionalmente a utilização do biogás ainda contribui para a queima de gás metano, transformando-o em CO_2, que apresenta potencial deletério 21 vezes menor à camada de ozônio que o metano lançado na atmosfera. É possível que se contabilize ageração de créditos de carbono, quando quantificada e sistematizada, podendo ser computado para efeito de sustentabilidade do sistema construtivo e geração de recursos para a localidade que o implantou e manteve. É sabido que 1 m^3 de biogás (6000 kcal) é equivalente a: 1,7 m^3 de metano, 1,5 m^3 de gás liquefeito de petróleo, 0,8 l de gasolina, 1,3 l de álcool combustível, 7 kwh de eletricidade, 2,7 kg de madeira e 1,4 kg de carvão de madeira (Embrapa, 2006). Desta forma a geração de energia através da queima do biogás produzido localmente agrega valor à construção ao aumentar sua possibilidade de sustentabilidade (Deganutti, 2011).

A partir das análises apresentadas, este artigo buscou apontar um novo caminho a ser percorrido pelos profissionais responsáveis pela implantação de sistemas de saneamento. Para a arquitetura e construção de terra, a construção de um biodigestor utilizando BTC, é mais uma oportunidade de comprovar a versatilidade da terra como material de construção, não apenas para edificações, mas também de infraestruturas de saneamento. Esta solução construtiva contribui ainda para a redução de emissões de poluentes, uma vez que a utilização de materiais industrializados será reduzida.

Uma última questão a ser apontada é a carência de profissionais capacitados para lidar com os problemas e suas soluções, considerados de maneira integrada de forma a contemplar, não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também os aspectos sociais, contextualizados com as práticas locais e com o nível de ciência que se tem na atualidade. Para isso é necessário a formação, ainda nos bancos acadêmicos de profissionais criativos e com autonomia e conhecimento técnico para propor novas soluções para antigos e conhecidos problemas presentes em toda a América Latina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Degannutti, R. et al (2002) Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: Encontro de energia no meio rural, 4, 2002, Campinas. *Anais eletrônicos*...Disponível em:<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). *Anais da reunião técnica sobre biodigestores para tratamento de dejetos de suínos e uso de biogás*. Coord. Kunz, A; Oliveira, A.V. Embrapa suínos e aves. Concórdia.

Ribeiro, D. S. (2011). Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida/. *Revista Holos*, ano 27, vol1. pp.49-56. Disponível em: www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php /HOLOS/article/download/269/418

Teixeira, J. C. et al (2012). Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. *Revista Panam de Salud Publica*. 2012:32(6):419-25

Villaça, A. C. (2011). *Produto consolidado da consultoria em sustentabilidade e eficiência energética para as edificações e infraestrutura do Jardim Botânico de Brasília/DF*.

WHO- World Health Organization (2013) GLASS Report 2012 -

Notas

1-Biogás é um dos produtos da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, através da ação de determinadas bactérias, e é composto principalmente por metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2).

Currículo

Ana Cristina Villaça, arquiteta e urbanista, mestre em urbanismo, especialista em arquitetura ambiental, membro das redes Proterra e TerraBrasil, pesquisadora da Rede Maplu no Projeto Hidrocidades sobre águas urbanas, professora substituta do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

PRECARIZAÇÃO DA TECNOLOGIA: UMA ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO EM TÉCNICA MISTA NO AGRESTE ALAGOANO

Natiele Vanessa Vitorino[1], Odair Barbosa de Moraes[2]

Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca (UFAL), Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso – Arapiraca/AL, 57309-005 ,Brasil
Tel: (82) 3482-1830
[1]natielevitorino@gmail.com; [2]odair.moraes@gmail.com

Palavras-chave: Técnica Mista, precarização, tecnologia

Resumo

A terra como material de construção é um dos recursos mais antigos e mais amplamente utilizados pelo homem. Ainda hoje, em diversas regiões do mundo, a terra crua é usada na construção das habitações, traduzindo a identidade, a história, a cultura e a forma de vida de várias populações. Entretanto, no Brasil as construções de habitações com terra passaram por um processo de precarização, gerando assim preconceitos tanto por parte dos usuários como também dos profissionais ligados à área da construção. Na região Nordeste do Brasil encontra-se a maior concentração de taipa e adobe (Barreto et al, 2010), grande parte das construções com terra são exemplos de tecnologia perdida, utilizada de forma inadequada, produzindo assim uma imagem ligada à miséria que traz embutido um caráter de moradia provisória. No entanto, a construção em terra crua, mais do que uma solução ecologicamente sustentável, é uma técnica fácil de executar e economicamente viável, valendo-se de um recurso vastamente disponível nessas áreas, o próprio solo. O seu uso adequado pode resultar na melhoria do desempenho das habitações e alternativas para diminuir o *déficit* habitacional brasileiro, pois é na região Nordeste, depois da Sudeste, que se encontram os maiores índices de precariedade (Fundação João Pinheiro, 2008). Dessa forma, procedeu-se uma análise das construções com terra na região do Agreste de Alagoas, baseado em pesquisas exploratórias, visitas de campo e registro fotográfico, visando identificar as técnicas mais comumente empregadas. Em paralelo foi realizada uma revisão da literatura buscando resgatar a sua utilização no Brasil e a sua importância para a história da arquitetura brasileira. Os resultados corroboram com a ideia da construção com terra como construção provisória e precária na produção recente de habitações populares, principalmente nas áreas rurais da região estudada. Dessa forma, destaca-se que o uso dessas técnicas sem o conhecimento adequado apenas tem contribuído para reforçar o preconceito existente sobre elas, desperdiçando o potencial existente de promover a melhoria das condições de habitação principalmente para as populações de baixa renda.

1. INTRODUÇÃO

A terra como elemento construtivo vem sendo utilizada desde os tempos mais remotos de nossa civilização, acompanhando a história do homem e representando a sua identidade, história, cultura e forma de vida. A terra crua foi um material de construção usada por diversos povos ao longo de vários milênios, civilizações nasceram e desapareceram sem que este material caísse em desuso. E ainda hoje, este elemento ancestral continua a ser utilizado em diversos sistemas construtivos (Dethier, 1982 *apud* Silva, 2000).

No Brasil, as construções em terra crua chegaram através dos colonizadores europeus e, mais tarde pelos africanos. Os índios utilizavam para a construção de suas casas materiais de origem vegetal, como madeira e palha, mas com a presença dos colonizadores o sistema construtivo sofreu transformações. Contudo, esse processo ocorreu tanto no sistema utilizado pelos índios, quanto no que foi trazido pelos colonizadores, sofrendo uma influência mútua. Segundo o historiador Ivan Alves Filho foi “a primeira manifestação cultural mestiça do Brasil”, ou seja, a casa de taipa brasileira (Filho, 1978 *apud* Silva, 2000, p.23).

As técnicas mais utilizadas no Brasil eram a taipa de pilão e a taipa de mão ou pau-a-pique. A primeira era reservada somente aos prédios públicos, como igrejas e Casas de Câmara, ou a residências das classes dirigentes da época, passando a ser considerada uma técnica

mais nobre. Já a taipa de mão foi difundida pela camada mais pobre da população, talvez por se tratar de uma técnica de menor tempo e esforço para ser erguida estava ligada à ideia de moradia provisória, e por isso era identificada como um tipo miserável de construção (Zorraquino, 2006).

O conhecimento dessas técnicas construtivas, durante muito tempo, foi transmitido como uma tradição oral, o que fez com que grande parte desse patrimônio cultural se perdesse. No entanto, ainda hoje é possível ter acesso a habitações construídas com técnicas de terra, em particular, nas regiões rurais e nas periferias das grandes cidades (Silva, 2000).

De acordo com Barreto et al (2010) é na região Nordeste que se encontra a maior concentração de construções de taipa de mão e adobe. Esse fato está relacionado à dificuldade de obtenção de outros materiais, à pobreza da população e à ampla divulgação das técnicas tradicionais. Os exemplares dessas construções encontradas atualmente representam a perda da tecnologia, devido o desconhecimento e/ou a má execução, utilizada somente pelas camadas mais pobres da população, que não têm outro meio de garantir seu abrigo. Vale ressaltar, que o segundo maior percentual do *déficit* habitacional no país está localizado na região Nordeste, apresentando uma maior precariedade no setor rural (Fundação João Pinheiro, 2008).

Outro fator, que contribuiu para aumentar a rejeição das construções com terra crua, foi à relação estabelecida entre a moradia e a doença de Chagas, fazendo que estas passassem a ser consideradas sinônimos de contaminação e insalubridade. Em uma campanha feita pelo Ministério da Saúde em 1990, recomendava melhorias habitacionais através da "substituição de cafuas e ranchos de pau-a-pique por residências decentes de alvenaria" (Ministério da Saúde, 1990), nota-se o preconceito devido ao desconhecimento de que essas podem ser construídas em padrão de qualidade elevado.

Na realidade, as técnicas construtivas em terra representam a forma de edificar de modo seguro e saudável, utilizando materiais que existem em abundância, causando os menores problemas em termos de desequilíbrio ambiental e de consumo em relação às necessidades das gerações futuras. Além da sustentabilidade, e a preocupação com o desequilíbrio ambiental, o uso adequado pode resultar na melhoria do desempenho das habitações construidas através de técnicas que utilizam terra e outras alternativas para diminuir o *déficit* habitacional, no que se refere àquelas moradias sem condições de uso devido à precariedade da construção ou deterioração da mesma (Barreto et al, 2010).

Segundo o Plano Estadual de Habitação de Interesse Social de Alagoas (PEHIS), é no meio rural que o *déficit* se manifesta na habitação precária e, é a região que apresenta um número significativo de construções em taipa de mão, muitas delas podendo ser caracterizadas como precária. No Agreste de Alagoas, mais de 50% da popuplação reside no meio rural, sendo necessárias soluções específicas para a região (Ministério das Cidades, 2010).

Atualmente, existe uma preferência por marterias industrializados, tanto de origem nacional quanto importados, que além dos valores elevados sequer são adequados ao clima e aos costumes locais, ocasionando a perda de conhecimentos ancestais, desprezo pelos recursos naturais e a submisão cultural (Silva, 2000)

Dessa forma, destaca-se a importância cultural das casas construidas em terra na região, síntese de conhecimentos acumulados que resulta da ação do homem diante da necessidade de habitar. As construções em terra é uma das manifestações mais tradicionais da arquitetura brasileira e ainda hoje apresenta soluções para inúmeros problemas de construção civil, sendo alternativa viável para os problemas de moradia em meio rural (Barreto et al, 2010). O preconceito a respeito de seu emprego é um reflexo da falta de conhecimento da técnica, o que é muito diferente de refletir uma inadequação construtiva.

2. MÉTODOS

As etapas utilizadas para obtenção dos resultados deste trabalho foi dividido em duas frentes de pesquisa: uma com ênfase na pesquisa bibliográfica e documental e outra com ênfase em pesquisas exploratórias e visitas de campo.

2.1. Pesquisa bibliográfica e documental

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de publicações, constituídas de livros, artigos e material disponibilizado na internet, acerca do histórico da utilização da terra crua como material de construção e os tipos de sistemas construtivos difundidos no Brasil. Já a pesquisa documental foi realizada a partir do relatório do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica (IBGE), para a obtenção da estimativa do número de habitações em terra na região estudada.

2.2. Pesquisa exploratória e visita de campo

Esta etapa objetivou em realizar uma sondagem preliminar nas áreas de estudo para identificar as técnicas mais comumente empregadas, em seguida realizaram-se visitas de campo e registros fotográficos para analisar a situação das habitações construídas em terra crua.

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

A área de estudo é a região Agreste do estado de Alagoas, localizado no Nordeste do Brasil (Figura 1). O estado apresenta uma situação de vulnerabilidade e desigualdade social, expressa com maior intensidade nas condições de inadequação da moradia e em especial na falta de infraestrutura, no saneamento ambiental, na irregularidade fundiária, no adensamento excessivo de moradores e na precariedade da moradia, esta ultima com mais intensidade no meio rural (Ministério das Cidades, 2010).

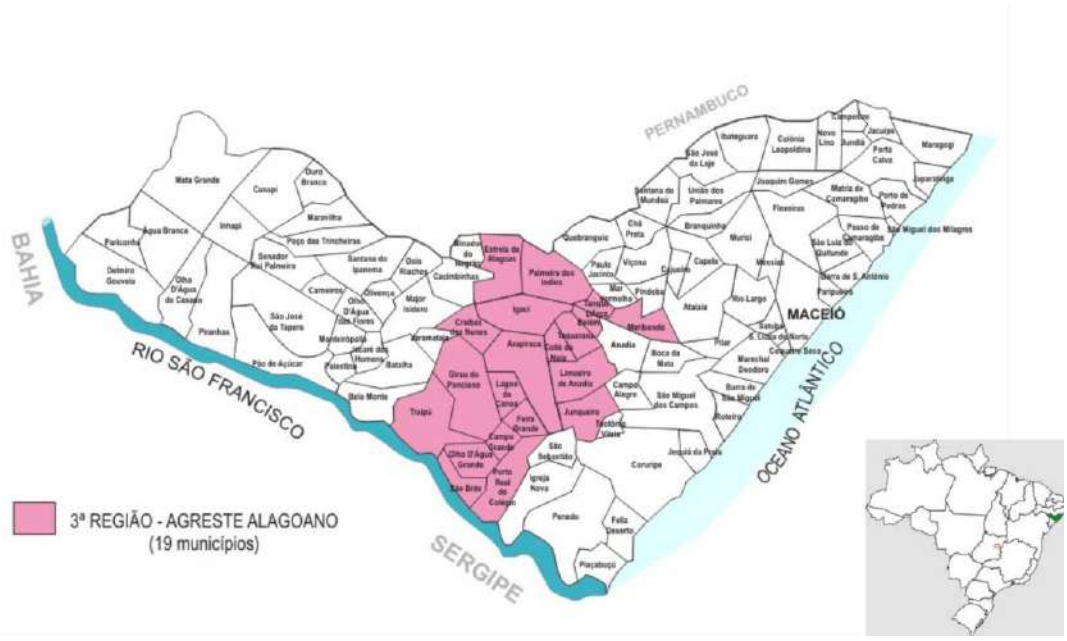


Figura 1 - Localização da área de estudo

Como foi citado, é na região rural que se encontra um número significativo de habitações construídas em taipa, no entanto, muitas delas sendo caracterizadas como precária. Segundo o Censo 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o número de moradias construídas com terra na região do Agreste de Alagoas totalizam 5.986 habitações (Tabela 1), sendo de taipa(1) sem revestimento e com revestimento (IBGE, 2010).

Tabela 1 – Habitações em taipa na Mesorregião do Agreste Alagoano

MESORREGIÃO DO AGRESTE ALAGOANO	TAIPA SEM REVESTIMENTO	TAIPA COM REVESTIMENTO
Microrregião Arapiraca	875	2066
Microrregião Palmeira dos Índios	784	1663
Microrregião Traípu	24	574
TOTAL	**1683**	**4303**

Fonte: Censo 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE,

O tipo de técnica mais encontrada nas casas da região estudada foi à taipa de mão ou pau-a-pique. Este tipo de construção equivocadamente está relacionado com a ocorrência da Doença de Chagas, por causa das frestas que aparecem em suas paredes, o que se deve a falta de conhecimento ao utilizar a técnica, onde o elevado percentual de argila provoca retração, apresentando muitas fissuras após a secagem[(2)].

As construções são executadas pelos próprios moradores, com materiais disponíveis no próprio local da construção. Na Figura 2 pode-se observar que as habitações adquirem problemas funcionais e estéticos, relacionados à má execução e principalmente a falta de conhecimento sobre os métodos corretos de construir com terra.

Figura 2 - Construção em taipa de mão ou pau-a-pique

A análise de algumas construções em taipa de mão revelou alguns problemas que são comuns a todas moradias, independente do material e técnica empregados. Em sua grande maioria, as habitações foram construidas sem preocupação com a fundação, e utilizando madeira de má qualidade. A cobertura das moradias, desalinhadas e sem beiral, não confere proteção as paredes em relação ao acesso da água de chuva (Figura 3).

Após a trama de madeira pronta deve-se jogar o barro sobre ela, etapa esta dividida em três camadas para garantir a qualidade da construção. Contudo, as construções são consideradas prontas quando recebem a primeira camada, onde o barreamento cobre a trama vertical deixando o ripamento horizontal aparente, exposto às intempéries e sujeito à deterioração (apodecrmento) (Figura 4).

A finalização na primeira camada, com muitas gretas, permite a instalação dos insetos transmissores da Doença de Chagas. Na realidade é necessária a aplicação da segunda camada para cobrir as fisuras e o ripamento horizontal, protegendo o madeiramento. A terceira camada confere maior durabilidade às paredes e evita que os insetos se instalem. Relativa à estética, a ultima camada de revestimento dá à construção a aparência de uma casa semelhante à da alvenaria convencional (Mello; Silva; Rocha, 1985).

Figura 2 - Falta de preocupação com a fundação

Figura 3 - Ripamento horizontal aparente

Em algumas regiões, as casas de taipa de mão estão sendo substituídas por alvenarias de tijolo cerâmico ou bloco de concreto, resultado da ligação da técnica com a miséria, doença e insalubridade (Figura 5). Esse processo ocorre ou por iniciativa própria do morador ou através de organizações não governamentais, no entanto, estes materiais não contribuem com o conforto térmico das habitações, elimina a cultura local, não contribui com o meio-ambiente e eleva o custo da obra. Devido ao custo desta opção, encontra-se na região rural um grande número de casas de alvenaria convencional sem revestimento.

O preconceito contra as casas de terra crua no Brasil estão ligados principalmente à técnica de pau-a-pique, vinculada à ideia de pobreza conforme discutido anteriormente. Vale ressaltar que essas casas sempre estiveram associadas a essa ideia no país, desde a época da colonização era vista como a técnica difundida pela camada mais pobre. Contudo sabe-se que é possível construir casas de alto padrão utilizando-se esta, bem como outras técnicas de construção com terra.

Outro ponto é a falta de cuidados com a casa que está ligada, direta ou indiretamente, à baixa autoestima da população, que ao negar suas tradições culturais passam a utilizar materiais não apropriados ao clima local, tornando-se vulneráveis às variações climáticas e aos elementos patogênicos (Silva, 2000).

Figura 4 - Substituição das casas de taipa por alvenaria convencional

A preservação da taipa de mão é importante não apenas pelos aspectos históricos e culturais, mas à potencialidade que apresenta como exemplo de arquitetura de terra crua. É uma técnica de fácil assimilação, equilibrada com o meio ambiente, que apresenta excelente desempenho térmico, utiliza materiais locais e renováveis e apresenta baixo consumo de energia.

No Brasil é uma técnica um pouco abandonada, devido o aparecimento de novos materiais e ao avanço tecnológico. Apesar disso, ainda hoje é uma técnica utilizada em áreas rurais da região Nordeste do país, como é o caso da área de estudo apresentada. Atualmente, estudos são desenvolvidos em várias partes do país, que demonstram a viabilidade do uso da técnica, contribuindo para desassociar a imagem ligada a miséria (Lopes; Ino, 2003).

Portanto, os sistemas construtivos com terra são tecnologias alternativas capazes de contribuir na solução dos problemas habitacionais. Contribuído para diminuir o *déficit* habitacional do país e, principalmente, melhorando a qualidade de vida da população, se devidamente apoiada pelos órgãos financiadores e governamentais, pois é necessária uma assistência técnica para que a execução seja realizada com a devida qualidade.

4. CONCLUSÃO

O trabalho busca destacar a importância cultural das construções com terra e principalmente o potencial deste material como forma viável para habitações de interesse social, material este que devido à ausência de técnica é visto como forma precária de construção, gerando preconceito tanto pelos usuários como dos profissionais ligados à área. Destaca-se também a importância das pesquisas sobre habitação, principalmente no meio rural, onde vive parcela da população, até certo ponto, excluídas dos programas habitacionais, exigindo soluções adequadas a essa realidade. Para a sociedade o projeto busca uma melhor qualidade nas moradias rurais, através de material disponível no local, gerando assim diminuição nos custos da obra e baixo impacto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, D. I. S. et al (2010). *A arquitetura popular do Brasil.* Rio de Janeiro: Bom texto, 144p.

Fundação João Pinheiro (2011). *Déficit habitacional no Brasil 2008*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Brasília,140p.

Instituto Brasileiro de Geográfia e Estatística. (2010). *Censo 2010.* Disponivel em http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/

Lopes, W. G. R.; Ino, A. (2003). *Aspectos construtivos da taipa de mão*. São Paulo, 21p. Disponível em http://www.habitat.arq.una.py/ambitos/tyh/cct/crh_cct_0087.pdf

Mello, S. S.; Silva, B. A.; Rocha, R. B. (1985). *Taipa em painéis modulados.* Brasília: CEDATE, 64p.

Ministério da Saúde (1990). Superintendência de Campanhas de SAÚDE Pública - SUCAM. *Doença de Chagas - Clínica e terapêutica*. Brasília.

Ministério das Cidades. (2010). *Plano Estadual de Habitação de Interesse Social de Alagoas – PEHIS/AL*. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 96p.

Neves, C; Faria, O. B. (org) (2011). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/ PROTERRA, 79p. il. Disponível em http://www.redproterra.org

Silva, C. G. T. da. (2000).*Conceitos e preconceitos relativos às construção em terra crua***.** Rio de Janeiro: Mestrado em Saúde Pública – Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, 155p. (Dissertação de Mestrado).

Zorraquino, L. D. (2006). *A evolução da casa no Brasil.* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 67p. Disponível em http://www.zorraquino.com.br/textos/luis-delgado-zorraquino/personales/evolucao-da-casa-no-brasil-revisado.pdf

Notas

(1) o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não especifica o tipo de técnica em taipa utilizada, ou seja, taipa de pilão ou técnicas mistas. Dados estes obtidos durante a pesquisa exploratória e visitas em campo.

(2) Para as construções em técnicas mistas recomenda-se selecionar terras com a seguinte composição: 20% de argila, 30% de silte e no mínimo 50% de areia, proporcionando um limite de liquidez inferior ou igual a 50%. (Neves; Faria, 2011).

Currículo

Natiele Vanessa Vitorino, graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Alagoas/*Campus* Arapiraca (2013), Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial do Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e integrante do grupo de pesquisa Qualidade do Projeto de Arquitetura e Urbanismo.

Odair Barbosa de Moraes, professor da Universidade Federal de Alagoas/*Campus* Arapiraca no curso de Arquitetura e Urbanismo, possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas (1997), mestrado em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia (2002) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2008).

Patrimonio y conservación

EL PATRIMONIO Y SUS TRANSFORMACIONES: UNA APROXIMACIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN DE ARQUITECTURAS DE TIERRA DESDE EL CASO DE CORANZULÍ, PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA

Julieta Barada

Instituto de Arte Americano, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria - Pabellón III. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.
T.E.: (+54) 115-836-2886
ju.barada@gmail.com

Palabras Clave: Patrimonio; Transformación; Puna de Jujuy; Pueblo; Espacio Doméstico

Resumen

La arquitectura de tierra ha planteado ciertas complejidades y discusiones a la hora de definir las formas de su comprensión y conservación como patrimonio. Así, al pensar estas arquitecturas en el contexto del patrimonio contemporáneo se está tratando con una construcción no solamente material, sino también social y simbólica que es propia de un presente, tanto como es evidencia de la continuidad y cambio dentro de una tradición. Resulta evidente que no se puede pensar la arquitectura de tierra en términos únicamente materiales sin comprenderla dentro del universo de sentidos en los que es producida, a la vez que no es posible dejar de observar, registrar y comprender los conflictos, cambios, continuidades y también contradicciones que se experimentan dentro de estos mismos contextos de significación.

Es posible observar que las transformaciones en las prácticas, sentidos y formas de “hacer arquitectura” forman parte de la propia definición de las mismas como patrimonio. El riesgo de “congelar” estas prácticas en el tiempo y en espacio en pos de su conservación siempre está presente, pero implica despojarlas de su contemporaneidad. Así, muchos de los cambios experimentados en estas formas de pensar y producir arquitectura de tierra en ciertos espacios se encuentran asociados a una red de relaciones dinámicas, muchas veces asimétricas, entre determinados actores e instituciones que intervienen en la producción de arquitectura en contextos locales. La pregunta es, cómo es posible pensar en este contexto un patrimonio de tierra contemporáneo y dinámico que sea capaz de incorporar estos procesos como parte de su mismo significado.

Para la aproximación a estas cuestiones se partirá de las observaciones realizadas sobre la arquitectura del área urbana de la localidad puneña de Coranzulí (Jujuy, Argentina), desde la articulación entre el trabajo de campo etnográfico y el análisis de distintos registros fotográficos históricos. Se observa que, a partir de la década del ‘70, el pueblo de Coranzulí ha experimentado importantes cambios en su organización urbana y producción arquitectónica: la reconstrucción de la iglesia, la construcción tardía de la plaza, la aparición de medianeras y ochavas, han ido modificando su traza original. Desde lo constructivo, se destacan edificaciones que presentan diseños y tipologías singulares, con cubiertas planas con cornisas, frisos y ornamentos, y la posterior incorporación rejas y portones. Se observa también un importante grado de abandono de ciertas técnicas constructivas tradicionales –techado con torta de barro o paja- y del uso del adobe, que son remplazados por materiales institucionalizados. Así, este caso resulta significativo, dado que éste ha sido un espacio que ha mantenido, históricamente, una posición liminal respecto de los centros de poder, tanto en el contexto colonial como posteriormente republicano, y que en las últimas décadas ha sido atravesado por ciertos procesos de escala global tales como el desarrollo de la minería, que sin duda han producido contextos de profunda transformación y tensión, también desde el campo de lo material. Desde este contexto de tensiones que se visibiliza desde lo constructivo se propone reflexionar sobre la problemática del patrimonio, partiendo de la comprensión de que las transformaciones materiales están implicadas, en realidad, en un universo de conflictos, acuerdos y negociaciones entre distintas miradas, intereses e imaginarios sobre el mundo social.

1. INTRODUCCIÓN

La valoración y conservación de arquitecturas de tierra se ha enfocado, principalmente, en el reconocimiento de complejidades técnicas, materiales y estrategias constructivas, siendo estas condiciones fundamentales para su comprensión como patrimonio. Esta situación se acentúa al aproximarse al trabajo patrimonial sobre aquellas construcciones no monumentales, en lo que podría entenderse como arquitectura vernácula doméstica (Barada; Tomasi, 2011). En este campo, frecuentemente, ciertas técnicas se asocian con determinadas operaciones proyectuales, en términos de tipología y forma de los espacios que producen, entendiendo que los rasgos estilísticos y compositivos que allí se manifiestan, se dan, la mayoría de las veces, de manera "involuntaria" (Maldonado; Vela-Cossio, 2011). De esta manera, no sólo se tiende a dejar de lado la capacidad proyectual de las personas, sino también el contexto histórico y social en el que la arquitectura es producida. En cada contexto, la arquitectura se constituye como un diálogo entre búsquedas técnicas y espaciales que son, en definitiva, manifestaciones de los valores, prácticas e intereses de las sociedades que las producen.

El patrimonio, como concepto integral, abarca no sólo la protección de ciertos objetos construidos, sino también el entendimiento de una práctica arquitectónica que es indisociable de sus sentidos, dentro de un determinado modo de entender el mundo (Barada; Tomasi, 2011). En este contexto, se comprende también que ni las sociedades ni sus arquitecturas son entes estáticos, sino que se encuentran atravesados por distintos procesos de transformación a lo largo del tiempo, para los cuales los objetos arquitectónicos se constituyen, a su vez, como una herramienta capaz de registrar en el espacio estos cambios y continuidades. Asimismo, estas transformaciones no son unívocas; es decir que una misma sociedad es afectada por distintos procesos de manera simultánea. Los proyectos políticos, económicos y sociales que atraviesan un determinado contexto implican, la coexistencia de distintos actores e intereses, muchas veces en tensión entre sí. La producción de arquitectura, está entonces siempre atravesada por estos conflictos, y de su misma manifestación es que resultan, materializados en el espacio, distintos proyectos. Así, siguiendo a Blanco (2006), el espacio es construido y reconstruido a partir de la producción de materialidades que reflejan procesos pasados y procesos en curso, generando un palimpsesto.

Muchos de los cambios experimentados en las formas de pensar y producir arquitecturas con tierra en ciertos contextos se encuentran asociados a una red de relaciones dinámicas, entre determinados actores e instituciones que intervienen en la producción de arquitectura. En este sentido, siguiendo lo propuesto por Amerlinck (2008), es necesario que se conciba a la arquitectura vernácula sin asomo alguno de nostalgia ni romanticismo, no como un producto material inmanente, sino como un proceso cultural, de carácter vital, arraigado en la historia y sujeto a cambios adaptativos, integrados a un sistema productivo, a una tradición y a la propia experiencia. El interrogante es entonces, de qué manera el patrimonio es capaz de registrar estos procesos en su aplicación y acción concreta, involucrando a aquellas producciones que, lejos de mostrarse como objetos cerrados y comprensibles dentro de un universo más o menos lineal, responden justamente a estas tensiones, superposiciones e incluso contradicciones que afectan a los grupos sociales.

Este trabajo se enfocará en el análisis de la arquitectura doméstica del pueblo de Coranzulí, provincia de Jujuy, a partir de registros fotográficos históricos[1] y de los relevamientos surgidos de nuestro propio trabajo de campo. Estas observaciones son preliminares y forman parte de una investigación en proceso, acerca de la conformación urbana y producción arquitectónica de Coranzulí. A fines de comprender las particularidades presentes en el caso y el contexto histórico de las producciones que se analizarán, la cuales se sitúan entre 1940 y 1970, se comenzará este trabajo con una descripción de algunos aspectos generales, tanto en lo que respecta a la morfología urbana como a las características de la arquitectura de Coranzulí. Puntualmente, se desarrollará la descripción de algunas de las construcciones allí observadas, tratando de destacar aquellos rasgos y

operaciones técnicas, formales y estilísticas, que permitan visibilizar la actuación de distintas ideas y conocimientos en la producción de arquitectura. Es importante aclarar que los ejemplos acá citados forman parte de un conjunto más amplio de experiencias constructivas de la arquitectura del pueblo de Coranzulí y fueron seleccionados a fines de exponer la problemática a la que refiere este trabajo. Así, forma parte de los objetivos del mismo, poner en relieve las complejidades presentes en estas producciones (sin dudas de relevancia dentro del patrimonio arquitectónico de Coranzulí) que muchas veces involucran el diálogo con técnicas, formas e ideas que no forman parte de la tradición constructiva reconocida como propia del área. En este sentido, estas cuestiones serán puestas en relación con aquellos procesos de cambio que atraviesan al patrimonio actual. Así, finalmente se propone reflexionar sobre las dificultades, posibilidades y desafíos que presenta la conservación patrimonial, en relación a sus propios procesos de transformación, observables no sólo en este caso de estudio sino en otros contextos.

2. ALGUNAS CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE CORANZULÍ: SU FORMA URBANA Y SU ARQUITECTURA

La localidad de Coranzulí se encuentra en la región de la Puna de la provincia de Jujuy, la cual se constituye, en términos geofísicos, como una planicie de altura semidesértica por encima de los 3500 msnm. En términos geopolíticos, Coranzulí está ubicado en el actual departamento de Susques, provincia de Jujuy, a 95 km de la localidad de Abra Pampa y 70 km de la de Susques, cabecera del departamento homónimo (figura1). Es importante aclarar que este departamento, se conformó recién en 1943 cuando se disolvió la Gobernación de Los Andes y parte de su área se integró a la provincia. Por su parte, la Gobernación había sido creada en 1900 cuando este sector de tierras altas fue incorporado al Estado Nacional, luego de haber formado parte primero de Bolivia y luego de Chile (Benedetti, 2005). Recién en 1969 se creó la Comisión Municipal de Coranzulí, como una escisión del municipio de Susques, con una jurisdicción de 2.926 km^2 que incluye las comunidades de El Toro, Jama y San Juan de Quillaques. En lo que respecta al pueblo de Coranzulí, tal como se denomina localmente a la aglomeración, se distingue allí, un tejido urbano de unas diez por cinco manzanas, que cuenta con una población de 412 personas (INDEC, 2001).

De acuerdo a las observaciones realizadas sobre los registros fotográficos históricos citados, se puede reconocer que para 1903, el pueblo de Coranzulí ya presentaba una cierta concentración en sus construcciones, alineadas con su capilla y cementerio (Cerri, 1903). Sin embargo, una cuestión fundamental para la comprensión del desarrollo histórico y actual de la arquitectura del pueblo de Coranzulí es la de la condición pastoril de su población. A partir de otros trabajos que toman como objeto el área puneña de Jujuy, y especialmente el departamento de Susques (Bolsi; Gutiérrez, 1974; Göbel, 2002; Tomasi, 2011), podemos inferir que, al menos, gran parte de la población coranzuleña se ha dedicado o se dedica aun al pastoreo, actividad que se desarrolla de acuerdo a lógicas espaciales móviles, y en las que el pueblo cumple una función específica. A partir de esta cuestión, es necesario tener en cuenta que, aun cuando exista concentración de viviendas, muy probablemente no toda la población se encuentra en la localidad de forma permanente. Otra cuestión que ha atravesado la conformación de Coranzulí ha sido la de la actividad minera desarrollada en el área desde el período colonial. Si bien no hay menciones directas a Coranzulí respecto de este tema, la puna ha sido un ámbito minero[2] en el que se desarrollaron pequeñas explotaciones a lo largo de toda la colonia (Rivet, 2011).

En 1942, un año antes de que se disuelva la Gobernación de los Andes y Coranzulí pase a formar parte de la provincia de Jujuy, el pueblo poseía ya un número bastante mayor de casas a las registradas a principios de siglo XX. Se reconocen también, a partir de los registros fotográficos, la presencia de ciertos patrones de ordenamiento urbano de acuerdo con los que fueron desplegados en otras urbanizaciones puneñas por los gobiernos coloniales y posteriormente y de manera más generalizada en el área, por el Estado Nacional. Tal es así que se observa, ya mucho más claramente, una intencionalidad de ordenamiento de las casas entorno a la capilla, orientadas de modo tal que pueden

comenzar a reconocerse calles e incluso ochavas en algunos encuentros de esquina. A partir de la observación cronológica de los registros fotográficos, se observa que el pueblo ha ido orientando su crecimiento urbano hacia el sur, manteniéndose paralelo a la ladera de la mencionada quebrada.

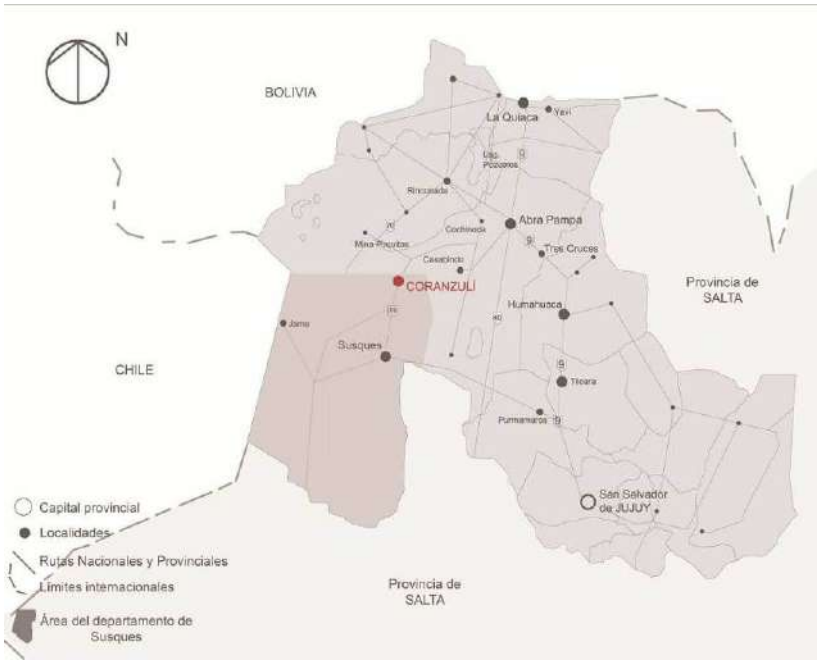


Figura 1. Ubicación de Coranzulí en la provincia de Jujuy (elaboración propia).

Si bien la organización urbana de Coranzulí observa un crecimiento sostenido a lo largo de la primera mitad del siglo XX, recién en las fotografías inéditas de Federico Ortiz de 1970, se observa un notable incremento de la densidad de las construcciones, con la conformación de manzanas y delimitación de calles. Asimismo, en este registro pueden detectarse ciertos cambios en lo que respecta a lo arquitectónico, fundamentales para el desarrollo del problema que plantea este trabajo. En la arquitectura doméstica, se observan transformaciones desde lo técnico, con el reemplazo de muchos techados de guaya[3] a dos aguas por cubiertas de chapa. En algunos casos, se observa también la aparición de frisos y ornamentos, que implican cambios en lo estilístico e incluso tipológico, como detallaremos en la segunda parte de este trabajo. En la arquitectura de las instituciones, la iglesia se vio modificada en sucesivas oportunidades, desde la imagen de Cerri (1903), sin ninguna torre en su frente, hasta la construcción de dos torres en su acceso (Academia Nacional de Bellas Artes 1942) y finalmente una única torre central (figura 2). Entre otras instituciones, se puede observar también la presencia de la escuela, en el entonces extremo sur del pueblo, y si bien no puede verse desde las fotografías, debido a los datos obtenidos en el trabajo de campo, ya desde 1950 había sido fundada también la Iglesia Evangélica de Coranzulí. Es importante destacar, que gran parte de las construcciones, tanto institucionales como domésticas, a las que hará referencia este trabajo, y que poseían rasgos de singulares destacados desde los registros fotográficos, se conservan en la actualidad, situación que permite reconstruir cierta trazabilidad histórica en el desarrollo constructivo del pueblo, de modo tal de aproximarse a comprender su historia urbana.

Figura 2: Vista actual de la plaza hacia la iglesia de Coranzulí (fotografía propia 2013).

2.1 Transformaciones actuales en la arquitectura de Coranzulí

En la actualidad, Coranzulí se extiende, como ya ha sido mencionado, en una longitud de unas 10 manzanas en sentido norte-sur (figura 3). En ese mismo sentido, corren las calles principales del pueblo, entre ellas se destaca la llamada avenida “San Martín”, donde se encuentran gran parte de los almacenes, el salón municipal, el club, el destacamento de policía y la sede de la Comisión Municipal. A lo largo de esta avenida, se han realizado obras de ensanchamiento de veredas, y la instalación de mobiliario urbano: faroles y bancos. Otra transformación que ha generado espacios diferenciales en el tejido urbano, es la presencia de la plaza, frente a la iglesia. Su construcción fue posterior a gran parte de la consolidación del tejido urbano del pueblo. La plaza de Coranzulí, a diferencia de las plazas de muchos otros pueblos puneños, aparece en los registros fotográficos recién en la década de 1970, posteriormente a la modificación del atrio de la iglesia original, reconstrucción de parte de su nave central, y modificación de las torres. Asimismo, la plaza que aparece en dicho registro no posee aún el diseño ni tamaño actuales, operación para la cual fue necesaria la modificación de la traza de una de sus calles circundantes, implicando también la desaparición de una línea de casas. Esta plaza, cuya estética actual se distingue de la de muchas de las construcciones tradicionales del área y también a la del atrio original de la iglesia, tiene un solado con caminos en dirección hacia su centro, donde se encuentran el mástil con la bandera argentina y el busto del General José de San Martín. Alrededor de dicho centro, también hay mobiliario de faroles, canteros y bancos de piedra. En torno a la plaza, además de la iglesia, se encuentran, la sala de primeros auxilios, los baños públicos y la estación de ómnibus.

Como se ha adelantado, conjuntamente con las transformaciones urbanas que Coranzulí ha sufrido en las últimas décadas, se han producido también notables cambios en la producción de arquitectura, tanto en la escala institucional (el edificio de la Comisión Municipal, el puesto sanitario, el galpón municipal, la estación de ómnibus, etc.) como en gran parte de la arquitectura doméstica. Se distinguen la mayor parte de los techados realizados en chapa, la presencia de rejas, portones, y el uso de ladrillos cerámicos y estructuras de hormigón armado. Asimismo, se destacan también al menos dos conjuntos de viviendas producidas por agencias estatales, cuyo diseño y técnica difieren de los preponderantes en las arquitecturas locales.

Figura 3: Fotografía panorámica de Coranzulí (fotografía propia 2012)

3. EL CONFLICTO COMO RESULTADO: PARTICULARIDADES EN LA ARQUITECTURA DOMÉSTICA CORANZULEÑA

Como se ha planteado en el apartado anterior, dentro de la arquitectura que al día de hoy se conserva en el pueblo de Coranzulí, se detectan algunas construcciones que destacan del resto por su singularidad, tanto desde sus cualidades estéticas como espaciales. En este contexto, cabe citar en este trabajo, al menos tres casos de distintos tipos de construcciones que, como ya fue mencionado, además de conservarse en la actualidad, son reconocibles en los registros fotográficos históricos analizados.

Por un lado, la primera de estas construcciones es una casa (casa 1, en la figura 4) que aparece, tempranamente, ya en los registros de la Academia de Bellas Artes de 1942. Esta casa, es notable en principio por su ubicación “en esquina”, conformando ochava, dado que, como mencionamos en el apartado anterior, para entonces esta estaba recién comenzando a consolidarse el tejido urbano del pueblo. Asimismo, quizás lo más llamativo de su situación urbana en el contexto del momento, es que es la única construcción presente en las fotografías citadas que no posee techo de guaya a dos aguas sino que tiene un techado a un agua, con pendiente hacia el interior. Hacia el exterior, este se encuentra oculto por una doble cornisa dentada que funciona como remate de la fachada en sus tres caras (dos laterales y la ochava, figura 4). A su vez, también es interesante destacar, la presencia de tres aberturas en forma de arco; una de ellas, situada en la ochava, la cual conforma el acceso a la construcción. Las otras dos, se encuentran cegadas, observándose únicamente su silueta en bajo relieve sobre las caras exteriores, revocadas. Esta última cuestión hace suponer que no se trata de un cerramiento realizado posteriormente sobre antiguas aberturas, sino que intencionalmente estos arcos han sido cerrados para realizar una operación compositiva en la fachada. El cerramiento del arco en bajo relieve hacia el exterior, permite distinguir una continuidad estilística en las tres fachadas, aun cuando tengan funciones distintas. Las aberturas en forma de arco, a su vez, constituyen un rasgo que se encuentra presente también en sus fachadas interiores. Esta última cuestión ha podido ser observada a través de las citadas fotografías de Federico Ortiz de 1970, registro en el cual se vuelve a dar cuenta de esta construcción, y que de acuerdo a los datos que han propiciado algunos pobladores de Coranzulí, se pudieron identificar como parte de su interior. Así, el interior de esta casa estaría compuesto por una suerte de galería, delimitada por arcos sucesivos también con cornisa dentada, y abierta hacia un patio interno. Los arcos en las aberturas son un rasgo que también se ha observado, a través de los registros de

Ortiz, en otras construcciones del pueblo, pero que no permanecen en pie al día de hoy. En lo que respecta a sus rasgos ornamentales, siguiendo la longitud de la cornisa en la fachada exterior, se observa un friso realizado con adobes en bajo relieve colocados en posición vertical que recorre también sus tres fachadas exteriores. Esta operación se observa también en algunas tapias frontales de otras construcciones domésticas coranzuleñas posteriores.

Figura 4: Imágenes de la Casa 1 (Izq. Federico Ortiz 1970 - Der. fotografía propia 2012)

El siguiente caso que ha resultado pertinente para citar aquí es el de dos casas construidas sobre terrenos rectangulares, entre medianeras. La primera de ellas (casa 2, en la figura 5 -superior-) posee una fachada plana en adobe revocado con sobrecimiento de piedra, de unos 10 m de ancho y en la cual sobresalen, los “cantos” de los muros perpendiculares internos, así como también parte de la estructura del techo (a modo de viga), generando una aparente subdivisión de la misma en cuatro cuerpos. Este recurso, frecuente en arquitecturas cuya estructura es realizada con un sistema de columnas y vigas, permite observar la fachada como una totalidad, pero demarcando, a su vez, su composición de partes. Esta situación se enfatiza con la posición de sus vanos, siendo que la construcción presenta tres aberturas de hoja simple para acceso y dos ventanas. Es posible plantear, al menos hipotéticamente, y con respecto a los usos que esta vivienda pudo haber tenido en otros momentos, de que se trate en realidad de tres casas, posiblemente pertenecientes a un mismo grupo familiar. Continuando con las características de su fachada, la mencionada saliente superior en sentido horizontal, funciona como delimitación del remate de la construcción, que culmina en una cornisa con un friso plano, con un único detalle ornamental de notable originalidad. Se trata de una flor, realizada en barro con relieve, sobre el cuerpo lateral izquierdo de la construcción. Si bien a partir de las imágenes de la fachada de la construcción podemos dar cuenta de que se trata de un cuerpo único con un techado a un agua hacia el terreno, la fotografía aérea de Ortiz 1970 permite observar que al interior del mismo, se encontraban otras construcciones (hoy en gran parte derruidas), encerrando los límites del terreno en una suerte de organización de patio central. Estas construcciones se correspondían mayormente con la tradición constructiva más extendida en el área, con una caja muraria de adobe en forma rectangular y techado de paja.

La segunda casa entre medianeras que se citará (casa 3, en la figura 5 -inferior-), es una construcción que, de acuerdo con los datos que se exponen en la placa que se encuentra sobre su acceso, data de 1970. Su fachada es también plana, revocada y posee sobrecimiento de piedra con juntas tomadas y zócalo. Tiene una cornisa con molduras lisas que recorre la fachada y culmina en un remate en forma de arco sobre el acceso. Asimismo, un rasgo notable de esta cornisa es que posee sobre sí, tres pequeñas figuras en forma de corazón, dos a lo largo de la fachada y una sobre la clave del arco sobre la abertura. Este mismo remate de cornisa con apliques, se encuentra en el edificio del templo evangélico de Coranzulí, que también de acuerdo a su placa data de 1950. Por otro lado, las aberturas (una puerta de acceso y dos ventanas) están también enmarcadas con un sobre relieve y poseen las tres en su parte superior, un detalle ornamental de un dibujo en forma de picos con incrustaciones de vidrios de colores.

Fig. 5. Imágenes de la casa 2 (superior) con detalle ornamental y casa 3 (inferior) con detalle de acceso (fotografías propia 2013)

En lo que respecta a su inserción urbana, esta construcción posee una característica por demás llamativa que es la de generar un “falsa” ochava en el acceso, tal como se puede observar en el detalle de la figura 5 (inferior). Sin embargo, aún resulta más interesante esta cuestión cuando se observan las fotografías históricas. A pesar de la aparente simultaneidad entre el registro de Ortiz y la fecha que data en la placa de la vivienda, la misma no aparece en su registro. En su lugar, hay un terreno baldío con una única construcción sobre la calle, en la misma posición que la que se está analizando, con un techado a dos aguas de paja. La manzana de la construcción está consolidada en su totalidad, tal como lo está actualmente y si bien puede vislumbrarse un camino como pasaje en la posición en la cual encontramos la posterior ochava, no parece haber continuidad de calle con las manzanas contiguas. Es decir que, si la construcción fue realizada posteriormente al registro, la voluntad de generar una ochava en dicho punto respondió más a una intención formal ligada a una “voluntad urbana” específica que a una necesidad real.

A partir de estas descripciones, resulta interesante destacar, al menos, dos cuestiones centrales para el análisis de los ejemplos citados. En primer lugar, la presencia de ciertos rasgos compositivos y estilísticos particulares: la presencia de galerías, arcos, frisos y cornisas. Estos han sido elementos compositivos presentes, primero, fuertemente en la arquitectura propia de las ciudades coloniales, tanto a escala doméstica como institucional (las galerías con arcos en los cabildos, iglesias, la presencia de patios internos, frisos y cornisas lisas o con molduras, etc.) y posteriormente en la arquitectura academicista que se desarrolló ya en el contexto republicano, desde el siglo XIX y hasta las primeras décadas del siglo XX. Asimismo, la arquitectura doméstica urbana de entonces, caracterizada por la presencia de casas de patio o medio patio y la extendida “casa chorizo” urbana, poseen como rasgos distintivos la presencia de galerías, y de molduras que encierran las aberturas, cornisas que ocultaban la caída de los techados y puertas de doble hoja. Este tipo de construcciones, asociadas especialmente a la ciudad de Buenos Aires, pueden registrarse para nuestro contexto, también en las ciudades como Salta y Jujuy, así como también en muchos pueblos de la Quebrada de Humahuaca. También sería interesante registrar la arquitectura que tuvo lugar en el norte chileno y en el sur de Bolivia, ambos estados y regiones ligados ya desde el período colonial a nuestra área de estudio. Por otro lado, la

segunda de las cuestiones centrales a observar es que la mayoría de estas operaciones se desarrollan principalmente sobre las fachadas de las construcciones, manteniendo hacia el interior, rasgos y espacios propios de las tradiciones arquitectónicas locales. Como se observa en la figura 6 (superior), las casas citadas mantienen cierta estructura espacial tal como la que se observa en las casas de los pastores en el campo, de una sumatoria de habitaciones independientes entre sí, organizadas entorno a un patio. Si bien no es objetivo de este trabajo abordar esta problemática, resulta interesante indagar acerca de las transformaciones que este tipo de construcciones han sufrido al momento de su reproducción en los pueblos, en un contexto de creciente urbanización de las poblaciones pastoriles. Sin embargo, la permanencia de una organización espacial particular, resulta fundamental a la hora de comprender las transformaciones aquí presentes, en tanto pudieron no haber implicado un cambio sustancial en lo que respecta a formas de comprender y habitar los espacios, sino más bien estuvieron vinculadas a la construcción de una imagen.

En este sentido, y a partir de las referencias históricas anteriormente citadas, es posible plantear, al menos hipotéticamente, que Coranzulí ha mantenido cierta posición de liminalidad respecto de los centros de poder, primero coloniales y posteriormente republicanos. A su vez, se debe considerar la influencia de las decisiones políticas y económicas que, especialmente a partir de los procesos de conformación de los estados nacionales, han motivado a establecer vías de comunicación en determinados sectores del área y no en otros. Así se observa fundamentalmente, la conformación de un eje norte-sur que recorría el espacio de la Quebrada de Humahuaca y hasta la ciudad de La Quiaca, primero a través del ferrocarril (abierto en 1908 y cerrado en 1993 – Seca, 1989-) y luego con la traza de la actual Ruta Nacional 9. Asimismo, la posterior apertura del Paso de Jama que vincula Argentina con Chile en 1991 (Benedetti, 2005), ha implicado grandes transformaciones para el pueblo de Susques (Tomasi, 2011). Sin embargo, la tempranísima aparición de construcciones, que producen y reproducen lógicas constructivas y estilísticas asociadas a lo urbano en Coranzulí, (y que se encuentran ausentes en otros pueblos puneños) permite pensar que allí estaban presentes otro tipo de relaciones, cuestión que pone en crisis, a su vez, esa aparente condición de liminalidad.

Cabe citar entonces que es lo que ocurre con las producciones en la actualidad. La primera construcción a la que se hizo referencia (casa 1) ha sufrido visibles modificaciones de sus partes más destacadas: se anuló la cornisa dentada y se reemplazó por la colocación de una hilera de ladrillos de cemento, perdiendo, a su vez, parte de su altura. El techado mantuvo su pendiente original, pero fue reemplazada la paja por una cubierta de chapa. Por su parte, permanecieron tapiadas las aberturas laterales y se mantuvo el acceso por la ochava, pero habiendo cambiado la carpintería por una puerta simple. Algunas de estas modificaciones, forman parte, a su vez, de un conjunto de transformaciones que están afectando a la producción de arquitectura en la actualidad de Coranzulí, como así también la de muchos otros pueblos puneños. En este sentido, no es novedoso plantear, el avance que en los últimos años ha tenido la incorporación de nuevos materiales como la chapa para las cubiertas, los ladrillos cerámicos y el hormigón armado, como ha sido observado, por ejemplo, para el caso de Susques, por Tomasi (2006). Muchos de estos aspectos se observan en la “arquitectura institucional” pero también en el campo de lo doméstico, especialmente en lo que respecta al reemplazo de los techados de paja por chapa (cuestión que en muchos casos también implica el cambio del tipo de cubierta, de dos aguas a una) y la realización de estructuras de columnas y vigas en hormigón. Se destaca también en el contexto urbano coranzuleño la presencia de rejas en gran parte de las aberturas frontales, cuestión que funciona también como expresión ornamental en muchos casos, con variados colores y diseños geométricos, tanto en las aberturas como en algunos casos reemplazando las tradicionales tapias de pirca de piedra o adobe (figura 6 inferior). En este contexto, es interesante señalar que muchas de estas cuestiones que hoy se observan como transformaciones, vinculadas también a la arquitectura de las ciudades, se da mayormente sobre las fachadas de las construcciones, tal como observábamos para los casos citados, manteniendo una lógica espacial y constructiva tradicional de patio central hacia el interior.

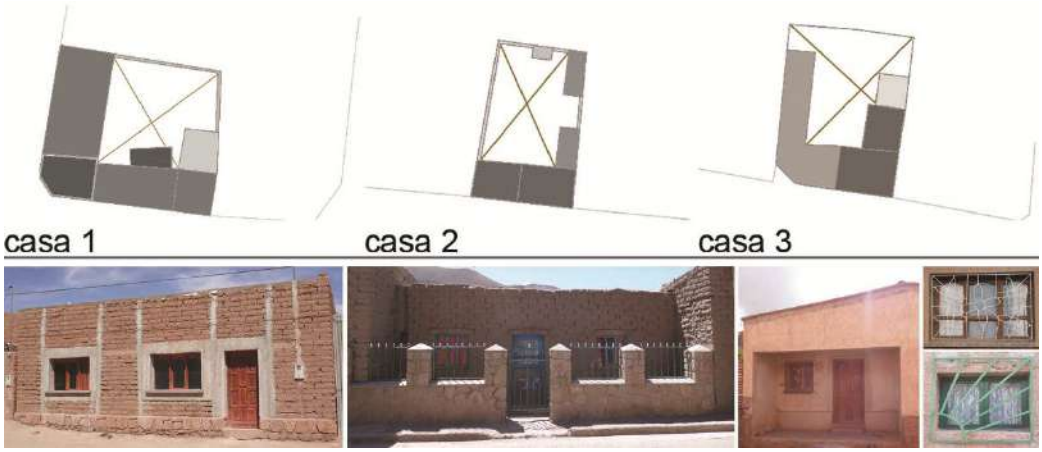


Figura 6. Superior: Esquemas de planta de techos de las casas 1, 2 y 3 destacando la presencia del patio como organizador de las habitaciones (elaboración propia sobre base de imagen satelital). Inferior: Imágenes de algunos de los ejemplos de la arquitectura coranzuleña en la actualidad (fotografías propias 2013)

4. REFLEXIONES E INTERROGANTES SOBRE EL PATRIMONIO DOMÉSTICO EN TIERRA

Está claro que las tres construcciones que aquí se han descripto, poseen un interés para el patrimonio de arquitectura doméstica de Coranzulí, en tanto forman parte de un conjunto singular de la producción de arquitectura de este contexto, manteniendo, a su vez, gran parte de su técnica y materiales. Sin embargo, como fue planteado en el apartado anterior, está claro también que esas búsquedas no formaban parte de una tradición constructiva propia para entonces. Es posible pensar (más allá de que sería un trabajo en sí mismo rastrear las motivaciones y procesos que atravesaron la conformación de estos espacios singulares en lo que respecta a la producción de arquitectura), que estas forman parte de un flujo de ideas e intereses vinculados con ciertas actividades productivas y sociales que articularon a Coranzulí y su población con otros espacios urbanos.

En este sentido, cabría indagar acerca del rol que ha tenido el estado en tanto producción de una "arquitectura oficial", con la implantación de sus edificios emblemáticos, así también, cómo la forma en que, desde el mismo estado y también de algunas ONGs, tal como ha observado Arnold (2008) en el caso boliviano, se construyen e implementan los distintos planes de vivienda. Es necesario preguntarse también sobre otras movilidades de las poblaciones y rutas de intercambio. La posible vinculación con las oficinas y urbanizaciones salitreras desarrolladas en las regiones del norte de Chile (Molina Otárola, 2011; Conti 2006) y las implicancias, especialmente para nuestro caso de estudio y en los últimas décadas, de la actividad minera, en tanto ámbito de tensión en el conocimiento y desarrollo de tecnologías, intereses, modos de vida, necesidades, tiempos y formas de sociabilidad. La historia de las comunidades está atravesada por estos procesos y por muchos otros que se producen en las particularidades de cada caso, a la vez que se reflejan también en las formas, prácticas y sentidos de su producción de arquitectura.

Estas situaciones, en lo que refiere a la arquitectura observable (y conservable) al día de hoy en Coranzulí, llevan a pensar justamente acerca del alcance que la conservación patrimonial tiene y/o pudiera tener en ciertos contextos. Entonces, si las tres casas presentadas forman parte del patrimonio arquitectónico reconocible en Coranzulí, pero sin embargo no son ejemplos de una arquitectura tradicional en los términos locales, sino más bien son producto de la incorporación de una imagen "externa" a una lógica constructiva y proyectual local, cabe preguntarse acerca de cuál es el rol que le cabe en este mismo esquema a las transformaciones e incorporaciones actuales. ¿En qué medida estas búsquedas, intenciones y proyecciones sobre la propia vivienda, la calle y el espacio público del pueblo, no forman parte del universo propio de las poblaciones? ¿Quién y cómo se

establecen estos universos? ¿En qué medida estas experiencias no forman parte de procesos de apropiación y (re)significación? El patrimonio, en este sentido también es un espacio de conflicto (Cirvini y Gomez Voltán 2006) donde se disputan distintos intereses y condensan sentidos sociales divergentes. Entonces, ¿cuál es el rol que le cabe a estas producciones dentro de la construcción de un patrimonio dinámico e integral?

Es innegable que estos cambios e incorporaciones, muchas veces, contribuyen al detrimento de las formas de hacer arquitectura propias de las poblaciones: pérdida de tradiciones constructivas familiares, desconocimiento de técnicas por las generaciones más jóvenes, cambio en la producción de materiales "locales" por otros que requieren de la inserción en un mercado de compra y venta, entre otros procesos de cambio. Sin embargo, "hacer" arquitectura, en todos los contextos, implica una práctica, pero también un pensamiento y una determinada expresión de valores y voluntades. Se entiende que no es posible abordar una labor de conservación patrimonial sin tener en cuenta estas problemáticas, sin incorporar estos procesos en un contexto reflexivo y crítico, a través de un trabajo concreto y conjunto con la comunidad sobre sus producciones. Entender al patrimonio como parte de un proceso dinámico y registrar los interrogantes, desafíos, búsquedas e intereses que presenta su arquitectura, más allá de las cuestiones técnicas y tecnológicas, pareciera una condición fundamental. Sin embargo, vale la pena también revisar, cómo la forma en que son contempladas y valoradas o no, ciertas incorporaciones y transformaciones técnicas, debiera estar vinculada a los sentidos que esas búsquedas tienen desde lo local y no desde lo que desde nosotros entendemos como "arquitectura de tierra" para cada contexto. Sería interesante indagar sobre el rol que las propias comunidades le otorgan a sus construcciones a la luz de poder pensar también desde allí los procesos de transformación presentes. Así, la acción patrimonial, en todos los casos, implica una toma de postura y un posicionamiento sobre qué es lo que debe ser valorado, cuyo sentido sólo existe en su contexto y desde un trabajo conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amerilink, M. (2008). Arquitectura vernácula y turismo: ¿Identidad para quién?" En: *Revista Destiempos* N° 15. Distrito Federal, pp. 381-388.

Arnold, D. (2008). *Entre los muertos, los diablos y el desarrollo en los Andes*. Instituto Ecuménico Andino de Teología. La Paz.

Barada, J.; Tomasi, J. (2011). El patrimonio vernáculo contemporáneo y sus complejidades Una lectura desde la arquitectura del pastoreo en las tierras altas andinas. En: *Revista América Patrimonio*, Nº 1. Santiago de Chile.

Blanco, J. (2006) De la noción de impacto a la de procesos asociados. Reflexiones a partir de la relación autopistas–urbanización en la Región Metropolitana de Buenos Aires. En: *Mundo Urbano.* Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires. 2006

Benedetti, A. (2005). *Un territorio andino para un país pampeano. Geografía histórica del Territorio de Los Andes (1900-1943)*. Tesis doctoral, Universidad Buenos Aires. Buenos Aires.

Bolsi, A.; Gutiérrez, R. (1974). Susques. Notas sobre la evolución de un pueblo puneño En: *Documentos de Arquitectura Nacional* Nº 2. Facultad de Ingeniería, Vivienda y Planeamiento. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia.

Cerri, D. (1993 [1903]) *El territorio de Los Andes. Reseña geográfica descriptiva por su primer Gobernador el General Daniel Cerri*. Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.

Cirvini, S.; Gomez Voltán, J. (2006) Los valores y significados del patrimonio vernáculo en tierra. Su relación con la conservación y con la construcción de nuevas obras en la región de cuyo – Argentina. En *construir con tierra ayer y hoy*, INCIHUSA – CRICYT. Mendoza.

Conti, V. (2006) La ruta de los arrieros y el salitre. En: *Las rutas del capricornio andino*. Consejo de Monumentos Nacionales. Santiago de Chile.

Documentos de la Academia Nacional de Bellas Artes (1942), Cuaderno II bis. *Ramificaciones del Camino de la Quebrada de Humahuaca y del Camino de los Incas*. Academia Nacional de Bellas Artes. Buenos Aires.

Göbel, B. (2002) La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques). En: *Estudios Atacameños*, Nº 23. Instituto de investigaciones Arqueológicas y Museo R.P. Gustavo Le Paige. San Pedro de Atacama, pp: 53-76.

INDEC. (2001) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas en la Argentina. Disponible en: http://www.indec.gov.ar

Maldonado, L.; Vela-Cossio, F. (2011) El patrimonio arquitectónico construido con tierra. Las aportaciones historiográficas y el reconocimiento de sus valores en el contexto de la arquitectura popular española. En: *Informes de la Construcción, 63*(523): 71-80 doi: 10.3989/ic.10.062.

Merlino, R.; Rabey, M. (1978) El ciclo agrario-ritual en la puna argentina. En: *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* Vol: XII N. S. Buenos Aires.

Rivet, M. C. (2011) Organizaciones espaciales en el área de Coranzulí, puna de Jujuy, del tardío al colonial. Primeros resultados de las investigaciones en la sección Agua Delgada. En: *Estudios Sociales del NOA*. Tilcara.

Seca, M. A. (1989) Introducción a la geografía histórica de la Quebrada de Humahuaca con especial referencia al pueblo de Tilcara. En: *Cuadernos de Investigación* Núm. 1. Instituto interdisciplinario de Tilcara, Facultad de Filosofía y letras, UBA. Buenos Aires.

Segato, R. L. (2007) *La Nación y sus otros.* Prometeo. Buenos Aires.

Tomasi, J. (2011) *Geografías del pastoreo. Territorios, movilidades y espacio doméstico en Susques (provincia de Jujuy)*. Tesis de doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Inédito.

Tomasi, J. (2006) Arquitectura oficial y arquitectura popular, una relación conflictiva. El caso de Susques. En: *V Seminario Iberoamericano de construcción con tierra*. SIACOT. Mendoza.

Tomasi, J.; C. Rivet (2011) *Puna y arquitectura. Las formas locales de la construcción.* CEDODAL. Buenos Aires.

Notas

[1] Los registros fotográficos encontrados para el área son: Cerri (1903) y Documentos de la Academia Nacional de Bellas Artes (1942); las fotografías inéditas de Federico Ortiz (1970) y registros de Carolina Rivet desde 2006 a 2011 y propios de 2010 a la actualidad.

[2] La actividad minera es influyente especialmente en la actualidad de Coranzulí a partir de la instalación de la boratera Loma Blanca a tan sólo 10 km de la localidad y del emprendimiento minero de Mina Pirquitas, que emplea personas a lo largo de distintas localidades puneñas.

[3] El guayado es una de las técnicas constructivas más frecuentemente utilizadas en la puna para el cerramiento de cubiertas inclinadas de paja y barro. Su realización implica una cantidad de complejidades y variaciones técnicas de acuerdo con los distintos lugares y constructores. Para más información sobre técnicas constructivas en el área (Tomasi; Rivet, 2011).

Currículo

Julieta Barada, Arquitecta (FADU-UBA). Becaria Tipo I CONICET. Docente de Historia de la Arquitectura (FADU-UBA). Maestranda en Antropología Social y está iniciando su doctorado en la UBA en el área de geografía. Participó en proyectos de investigación y extensión ("Puna y Arquitectura") en el área puneña de Jujuy y participó en distintos congresos, con trabajos sobre la temática constructiva en el área. Actualmente trabaja sobre la construcción del espacio arquitectónico del pueblo de Coranzulí, Jujuy, Argentina.

PRESERVACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO DE LA JOYA, VERACRUZ, MÉXICO

Annick Daneels[1], Aarón David Piña Martínez[2]

Instituto de Investigaciones Antropológicas[1] – Posgrado en Estudios Mesoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras-Instituto de Investigaciones Filológicas[2] de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.
[1]annickdaneels@hotmail.com; [2]ngata_hll@hotmail.com

Palabras claves: arqueología, arquitectura de tierra, trópico húmedo, patrimonio, prehispánico

Resumen

El sitio arqueológico de La Joya se ubica en la región Centro-Sur del estado de Veracruz, México, dentro del área denominada como la Costa del Golfo. Cronológicamente el sitio fue habitado desde el Preclásico Inferior (1300-800 a. C.), pero las construcciones monumentales datan en su mayoría del periodo Clásico (0-1000 d. C.).

En la planicie costera del Golfo, la falta de piedra llevó a las sociedades prehispánicas a construir con tierra apisonada, alcanzando las estructuras principales alturas de entre 22 m y 35 m. Dentro de esta tradición arquitectónica está el sitio de La Joya, registrado desde 1937 por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, y a partir de 1981 investigado como parte del proyecto “Exploraciones en el Centro de Veracruz”. Por casi un siglo el sitio ha sido usado por los habitantes modernos como banco de materia prima para la fabricación de ladrillo y para la nivelación de terrenos. El levantamiento topográfico realizado en 2004, año en que iniciaron las excavaciones arqueológicas, mostró una afectación del 95% con respecto a 1937.

En 2008 se libera la fachada Oeste de la subestructura de la pirámide principal. A partir de 2009 se inició un programa de mantenimiento y preservación de este vestigio, para protegerla de los temporales como huracanes, lluvias torrenciales y vientos invernales, causando fuerte variaciones en la humedad ambiente y capilar, y en la temperatura a lo largo del año. El ambiente es además favorable al desarrollo de vegetación y fauna invasiva que debilitan a la estructura. Para los trabajos en el edificio se ha contado con la participación de arqueólogos, arquitectos restauradores (Luis Fernando Guerrero Baca) y biólogos en campo, además de químicos y físicos en laboratorio, para identificar la composición de rellenos, adobes, aplanados y pisos, así como del aglutinante orgánico usado en tiempos prehispánicos y para encontrar la manera eficiente de controlar el deterioro en la arquitectura de tierra prehispánica expuesta en el trópico húmedo costeño del Golfo de México.

Conforme a las normas y principios de la restauración y conservación, las estrategias que se han utilizado cumplen con el principio de reversibilidad. Se han hecho pruebas de preservación por medio de capas de sacrificio aplicadas sobre un recubrimiento de geotextil. Los experimentos incluyeron capas tratadas con materiales naturales: mucílagos de nopal, guácima y escobilla, y aceite vegetal. Se optó finalmente por el uso de polímeros vinílicos sintéticos en polvo e hidrofugantes (producto que repele el agua) de silicones en polvo, mezclados directamente en el lodo de la capa de sacrificio; e hidrofugantes líquidos por aspersión en la capa ya aplicada. Los resultados obtenidos durante el monitoreo continuo han revelado una respuesta favorable en la interacción entre el vestigio, los recubrimientos y las condiciones meteorológicas normales, aunque la afectación biótica, principalmente de la flora, y los fenómenos extraordinarios como huracanes son factores significativos de deterioro de la capa de protección, que son aún temas de investigación. De la solución a estos problemas depende la posibilidad de abrir el sitio al público, como parte de un centro cultural.

1. INTRODUCCIÓN

Los trabajos de preservación de arquitectura de tierra en México se han centrado principalmente en las zonas desérticas del país, como en Paquimé (Chihuahua). En la planicie costera del Golfo Centro el clima es de tipo Aw en la clasificación de Köppen, cálido subhúmedo con lluvias (1500-2000 mm anuales) principalmente en verano y escasas en

invierno, temperaturas medias anuales de 22-26°C, con el mes más frío arriba de 18°C (García, 1970). Por esto, si bien la arquitectura de tierra de la Costa del Golfo era conocida, en vista de las condiciones ambientales adversas se planteaba que sólo se trataba de montículos levantados para salvaguardar de las inundaciones unas habitaciones sencillas de madera y palma.

Esta preconcepción contrastaba con la evidencia de que en la Costa del Golfo se desarrollaron sociedades complejas desde muy temprano, destacando los Olmecas (1200-400 a. C.), seguido en el periodo Clásico (0-1000 d.C.) por grupos sociales denominados como *culturas del centro de Veracruz*. Aquellas sociedades estatales, cuando se asentaban en la planicie costera de las cuencas de Veracruz y de Coatzacoalcos, construyeron sus edificios a base de tierra apisonada que configuraban trazas plenamente mesoamericanas, caracterizadas entre otros rasgos por el uso de plazas con pirámides, plataformas y canchas de pelota. Pero se carecía de excavaciones extensivas para entender la arquitectura.

La Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto de Investigaciones Antropológicas, inició a partir de 2004 un proyecto académico para entender la cronología y función de esta arquitectura monumental de tierra. Se escogió el sitio de La Joya por hallarse ya muy deteriorado por la extracción de tierra de las ladrilleras que producen desde los años 30 material de construcción para la ciudad y puerto de Veracruz.

Las excavaciones revelaron una riqueza inesperada de evidencia arqueológica y arquitectónica, con una secuencia del 200 a.C. al 1000 d.C. Como el proyecto contemplaba una excavación total (en vista del alto grado de deterioro del sitio), al hallar parte de una subestructura bajo la pirámide, ésta se liberó de manera completa (Daneels, Guerrero, 2011, 2012b). Sin embargo, al dar parte del hallazgo, el Instituto Nacional de Antropología e Historia consideró recomendable hacer un esfuerzo de preservación. El problema es que en México no se tienen antecedentes para el control del deterioro de este tipo de arquitectura en el trópico húmedo (la única estrategia era el re-entierro), por lo que se plantearon estrategias de preservación experimentales, siendo un trabajo pionero que busca establecer patrones para la construcción moderna de tierra, así como para los edificios prehispánicos que se encuentren en la misma condición.

Desde un inicio, se descartó la protección mediante techado, aplicada en algunos sitios arqueológicos con arquitectura de tierra como Cacaxtla (altiplano de México), Kaminaljuyú (Guatemala) y Joya de Cerén (El Salvador), ya que genera problemas a mediano plazo y no sería aplicable en nuestro caso de estudio por la altura y orientación de la fachada. Por otra parte, por ser irreversible y provocar exfoliación (Achenza, 2009), se rechazó el uso de consolidantes de tipo tetraetilortosilicato, como se hizo en los sitios arqueológicos Chalchuapa y Tazumal (El Salvador) (Ohta et al, 1997).

Las pruebas experimentales realizadas en La Joya consistieron en la aplicación de una geotela encima del vestigio original, recubierta a su vez de una capa de sacrificio, que se asemeja en color y textura al acabado original, conforme a las recomendaciones de la Carta de Venecia (ICOMOS, 1964), la Carta de Lausana (ICOMOS, 1990) y los principios de restauración (ICOMOS, 2003).

2. ANTECEDENTES

El sitio de La Joya, el caso de estudio, fue reportado por M. Quintero a principios de la década de 1930. En sus reportes ya mencionaba la extracción de tierra para la fabricación de ladrillos (Quintero, 1934; 1935 y 1943). En la segunda mitad de esa década, La Joya tuvo su registro formal por el Ing. A. Escalona, quien en 1937 realizó el primer croquis de los edificios del área política-administrativa, si bien los edificios no tienen cotas de nivel, es apreciable en la escala la monumentalidad de los edificios (Escalona, 1937). Para la década de 1970 el trabajo de las ladrilleras se intensificó y para la década de 1980, a raíz del reporte de daño por la primera autora del presente trabajo (Daneels, 1981), el Centro INAH Veracruz se encargó del seguimiento del trabajo de las ladrilleras en la región Centro-Sur

del estado. Es así que en 1985 I. León excava en La Joya mientras era encargado de dicha región, valorando que sólo quedaba cerca del 50% del sitio (León, 1991).

En 1988, dentro del proyecto arqueológico "Exploraciones en el Centro de Veracruz", se realiza un levantamiento topográfico (Daneels, 1990), corroborando que el registro de Escalona Ramos era fiable, además de incluir los bajos receptores de agua que rodean a los edificios. En 2004 se calculó que sólo quedaba cerca del 5% del sitio, dato obtenido con el segundo levantamiento topográfico del sitio (Daneels, 2010a, p.3), pues se intensificó la extracción de tierra, pasando del uso del pico al de maquinaria pesada, acelerando el proceso de extracción (Daneels, 2010a, p.3).

Desde finales de 2004 se inició una investigación que contempla "un estudio diacrónico y funcional de la arquitectura de tierra apisonada del primer milenio de nuestra era, en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, nuestra área de estudio desde 1981, con el fin de entender la naturaleza del cambio de organización sociopolítica en el ámbito regional." (Daneels, 2005, p.5). Como resultado de las excavaciones realizadas en aquellas fechas, se lograron reconocer elementos arquitectónicos como muros, pisos y columnas de edificios, además de espacios públicos y privados, siendo el primer acercamiento directo a la organización social dentro del área política-administrativa del sitio arqueológico.

A partir de 2005 y hasta 2008 se excavó la subestructura de la pirámide principal del sitio, liberando la fachada Oeste, conservándose parte de 6 cuerpos al Norte y 2 al Sur, así como una amplia escalinata de 18 escalones delimitados por alfardas. El resto de la estructura (96%) ya había sido destruida para la fabricación de ladrillo, pero se pudo aun determinar el contorno de la planta del edificio, lo que permitió realizar la reconstrucción de una pirámide de 4 escalinatas (Guerrero; Daneels, 2012, p. 431, figuras 2 y 3). Tras las lluvias de 2008, el edificio resultó muy afectado principalmente por los escurrimientos, enfrentándose al primer y más agresivo de los fenómenos naturales, que año con año afectaría a toda la arquitectura de tierra prehispánica en la región de trópico húmedo en Costa del Golfo si se interviniera y presentara expuesta. Ante la solicitud del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia, a partir de 2009 se llevaron a cabo los trabajos de preservación en la pirámide por recomendación del INAH (Daneels, 2009).

3. PRESERVACIÓN DE LA PIRÁMIDE

3.1 Primera intervención (2009)

A partir de 2009 comenzaron los trabajos de preservación en la estructura, de manera emergente, al carecer de antecedentes de trabajos similares en la Costa del Golfo. Las afectaciones mayores se dieron durante la temporada de lluvias veraniegas, por el escurrimiento pluvial que va ganando velocidad al llegar a los cuerpos inferiores, excavando grietas profundas, afectación que aumenta a partir de que la pirámide está "banqueada", porque los ladrilleros excavaron cerca de un metro por debajo del nivel de la superficie original del edificio. Para rellenar las grietas se aplicó manualmente una mezcla de lodo (preparado con la tierra del lugar) y ladrillo cocido fragmentado (para diferenciar el resane del original); la mezcla se compactó por golpeo con cantos rodados (Daneels, 2009).

En el sector Suroeste del edificio se construyó un muro de contención con un tapial de cajón, compactado con pisón de madera. Sobre la fachada se había realizado en 2007 una cala para conocer el sistema constructivo de la estructura, misma que se vio muy afectada con la lluvia; en este caso se construyó un muro de contención con ladrillo crudo y rellenado con arena gris. En el sector Norte, el corte de los ladrilleros exponía el relleno del edificio, que presentaba grietas más grandes y profundas, con la dificultad de ser un corte casi vertical (figura 1). Las grietas se rellenaron con ladrillos crudos pegados con lodo formando muros de contención principalmente en la parte baja.

Figura 1. Recubrimiento de fachada por geotela y capa de sacrificio. En la sección Norte (a la izquierda), se observa el corte vertical dejado por los ladrilleros, reforzado por muros de contención de ladrillo crudo (Foto A. Daneels, 30 de marzo 2009).

Una vez se terminaron de cubrir las grietas y de construir los muros de contención, se colocó un recubrimiento de geotextil (poliéster PET non-woven de 275 g/m^2). El geotextil tiene como objetivo permitir la interacción de la pirámide con las condiciones de humedad, reduciendo la cantidad de agua de lluvia que penetra y permitiendo la evaporación de la humedad capilar, así como la dinámica natural de expansión-contracción del edificio. Sobre el geotextil se aplicó una capa de sacrificio de limo de 4 cm de espesor aproximadamente. En ella se formaron grietas profundas y gruesas que se resanaron con la aplicación de una mezcla aguada de limo arcilloso y arena, diluido en mucílago de nopal. Finalmente se aplicó un acabado fino de limo, de 1 cm de espesor, sellado por la presión de un rasero (una lámina de plástico PVC) arrastrada sobre la superficie húmeda.

En la sección Oeste, por debajo del nivel de plaza, así como en la sección Este se aplicó una capa de cal apagada. Usamos marcas comerciales localmente distribuidas para la construcción, siendo que en 2009 fue de marca Calidra, del Grupo Calidra. La cal se diluyó en agua y mucílago de nopal, para diferenciar los sectores de cortes de los sectores de fachada, y para la protección de la estructura del escurrimiento de la lluvia. En la sección Sur se excavó un canal de desagüe para evitar que el escurrimiento de agua afecte la sección Suroeste.

Para terminar el tratamiento a la pirámide se aplicó hidrofugante líquido por aspersión (SILRES BS 1001A de la marca Wacker) en una proporción de 250 ml de producto concentrado por 10 l de agua. Al verter agua sobre el edificio el hidrofugante tuvo el efecto esperado: escurrimiento sin humedecer la capa de protección. Por supuesto que las condiciones meteorológicas no se comparan con un poco de agua vertida experimentalmente, por lo que al caer la primera lluvia intensa (50 mm en media hora), la fuerza de las gotas, así como las vibraciones producidas por millones éstas, fueron disgregando la capa superficial, lo que permitió la filtración de agua a la capa de sacrificio.

3.2 Segunda intervención (2010)

Con el fin de consolidar la capa de sacrificio, se empezó en el Laboratorio de Restauración del Instituto de Investigaciones Antropológicas una serie de experimentos utilizando por un lado polímeros vinílicos VINNAPAS 5044N de la marca Wacker, y por otro lado cal apagada (marca UNITIGRE, de BPB UNICO S.A.). Los primeros experimentos comenzaron

con capas de sacrifico con polímero a 8%, por recomendación de la empresa, pero la muestra resultó demasiado compacta; la proporción se redujo al 4%, después al 2% y al final al 1%, siendo esta última muestra la que obtuvo resultados de resistencia a la compresión dentro del rango comprendido en las muestras prehispánicas de pisos, aplanados y adobes. Las pruebas con cal apagada estabilizaron la capa pero tuvieron el problema de producir una película de cal agrietada que vino aflorando en la superficie, mostrando mal aspecto.

Tomando como punto de partida que las muestras prehispánicas no contuvieron cal, en 2010 se optó por aplicar un área experimental en el primer cuerpo Sur de la fachada, con una capa de sacrificio consolidada con polímero vinílico al 1% (del peso) e hidrofugante en polvo (Wacker Polvo D) al 0.3% (del peso). Este recubrimiento fue el que resistió al huracán Karl (Daneels; Guerrero, en prensa). A partir de este resultado fue que se decidió aplicar la misma capa de sacrificio al resto de la pirámide. Además se aplicó por aspersión el hidrofugante líquido sobre toda la pirámide (SILRES BS 1001A de la marca Wacker) en proporción 1/40, igual que en la intervención anterior (Daneels, 2010b).

3.3 Tercera intervención (2011)

Esta temporada permitió analizar y paliar los daños del huracán Karl. La afectación principal fue el colapso de una parte del sector Norte de relleno de la pirámide. El diagnóstico indicó que la razón fue el crecimiento de una maleza de raíz profunda, *Cyperus rotundus*, localmente conocido como zacate de bulbo, presente en el relleno y que nació a través de la geotela (Daneels, Guerrero, en prensa). Las lluvias provocadas por el huracán (250 mm en dos días) pudieron penetrar al relleno a lo largo de las raíces, humedeciendo el relleno y reblandeciendo el muro de contención de ladrillo crudo. Para evitar desplomes de rellenos a futuro en los cortes Norte y Este, más expuestos a los vientos dominantes, se diseñó un talud de contención semicircular que se adosó en el sector Norte y Noreste, construido en 3 cuerpos para facilitar el mantenimiento, pues en la parte superior de cada cuerpo se dejó un andador (figura 2). El material usado fue ladrillo crudo cementado con lodo, y relleno de limo consolidado por aspersión de lechada de cal apagada (marca Piracal, Grupo Calidra) en cada nivel de compactación. Se decidió construir con una base sin esquinas para mejorar la resistencia al viento, así como a las presiones internas. El talud tiene una inclinación de entre 60° y 62°; y cuenta con muros internos para encajonar el relleno. Conforme avanzaba la construcción, se iba rellenado con la tierra del desplome y luego con limo arenoso, compactando con dos pisones: uno de metal para el área en general, y uno de madera para los lugares más cerrados. Este proceso se realizaba cada 3 hiladas de ladrillo para mantener una compactación uniforme; sobre cada apisonada se vertía una ligera capa de cal diluida en agua (Daneels, 2011).

Una vez que se terminó la construcción del talud de contención, se le colocó el geotextil, así como la capa de sacrificio y el resane de grietas, para dejar lo más sellado posible el acabado. Posteriormente se aplicó la capa a base de polímero VINNAPAS 5044N y polvo D mezclado con el lodo, además de arena y paja picada; para terminar el proceso, se resanaron las grietas con una mezcla de polvo de ladrillo (500 g) arena cernida (500 g) y polímero vinílico (16 g), mezcla aplicada con espátula (Daneels; Piña, 2012).

Además, en la parte baja de este talud se aplicaron pruebas de capas de sacrificio consolidadas con agentes naturales: aceite vegetal (aplicado con brocha), (a recomendación de la Arq. Manuela Mattone del Instituto Politécnico de Torino), escobilla y guácima, siguiendo el procedimiento aplicado en dos sitios arqueológicos en El Salvador, respectivamente en Joya de Cerén por el Instituto Getty (Iniciativa Maya, 2000) y Chalchuapa por la Universidad de Kyoto (Ohi; Girón, 2000). Ninguno de estos experimentos resistió adecuadamente a la precipitación de la segunda temporada de lluvias de 2012.

Figura 2. Talud de contención construido en el sector Norte y Noreste, para protección del corte en los rellenos del edificio (Foto A. Daneels, 16 de abril de 2011).

3.4 Cuarta intervención (2012-2013)

Hasta la fecha de este texto la última intervención para la preservación de la pirámide se realizó durante diciembre de 2012 y enero de 2013. Durante esta temporada de campo se trabajó en la afectación del talud de contención Norte por el huracán Ernesto de agosto 2012, así como la construcción de un muro de contención en la fachada Oeste, este último para controlar el deslave por debajo del nivel de plaza. Este talud forma una pendiente que prolonga el nivel de la planta de la pirámide, a fin de distribuir uniformemente el escurrimiento del agua.

El huracán Ernesto provocó violentas precipitaciones (180,1 mm en tres días) que impactaron directamente el talud de contención Norte, con escurrimientos concentrados en el sector Oeste del andador del primer cuerpo, mismo que se derrumbó. El diagnóstico indicó que la cantidad de lluvia sobre el andador fue tal, que alcanzó a penetrar a través de la geotela, lo que reblandeció el primer cuerpo por la filtración de agua. Al iniciar la intervención en diciembre, cuando se empezó a retirar parte del escombro del talud inferior, se colapsó el sector Oeste del cuerpo superior. Para evitar nuevamente el suceso, se colocó una doble capa de geotextil en el primer andador**,** y un revestimiento de resane (600 g limo, 600 g arena, 60 g VINNAPAS 5044N, por encima de la capa de sacrificio usual. Cabe mencionar que el talud de contención fue vuelto a construir de la misma forma en la que se hizo el primero, pues no fue ésta la causa del colapso.

En el caso del muro de contención Oeste, se comenzó retirando aproximadamente 30 cm de deslave frente a la fachada Oeste, con el fin de retirar las raíces del zacate de bulbo (*Cyperus Rotundus*), pues se ha notado que es el primer factor biótico de debilitamiento de la capa de sacrificio, así como el agente que permite la filtración (Daneels; Guerrero, en prensa). Una vez retirado el deslave, se aplicó por aspersión el herbicida Kator 80 PH de la marca VELSIMEX, producto que en principio debería evitar el crecimiento de dichos zacates y cualquier otra planta (se puede adelantar que este pronóstico no se cumplió). Se continuó con la metodología de trabajo en el muro de contención, con una planta oval hasta los límites de la cerca al Oeste, Norte y Sur que delimita el área de la pirámide protegida por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, con una inclinación regular de 18° a 24°, que prolonga el ángulo de inclinación del nivel de la planta de la pirámide. Para trabajar la

compactación del relleno de mejor manera, se construyeron 12 cajones compuestos por 5 muros internos que corren desde la pirámide hacia los límites de la rampa y un arco entre el edificio y dichos límites (figura 3). Una vez construidos, rellenados con limo humedecido con aguacal (Calhidra ConstruCalli, de Grupo Bertran) y compactados los cajones, se colocó el geotextil y la capa de sacrificio de lodo, arena, paja picada, polímero VINNAPAS 5044N al 0,75 y polvo D al 0,3%.

Figura 3. Muro de contención Oeste en la fachada de la pirámide para distribuir el agua y evitar afectación a la estructura (Foto A. Daneels, 24 de enero de 2013).

Durante esta temporada también se realizaron muros de prueba con ladrillos mezclados con mucílagos de malva (*Sida rhombifolia* L.), guácima (*Guazuma ulmifolia*), emulsión de bitumen en bloque y emulsión asfáltica comercial (Imper Top “A” de la marca COMEX). Estos muretes, construidos al Oeste de la pirámide, servirán para experimentar la interacción del medio con las diferentes muestras, sobre todo con la lluvia y el viento.

Por otro lado, para calcular el coeficiente de expansión-contracción del vestigio, se midió con estación total 14 puntos de referencia colocados en la pirámide, con el fin de observar si había cambios entre el periodo de mayor sequía (abril 2012), el de mayor humedad (octubre 2012) y un momento intermedio (enero 2013). Los resultados obtenidos en 9 de los puntos mostraron que la expansión y contracción del edificio es pequeña, del orden de 0,4% en sentido vertical (variación de 2,5 cm a 3 cm sobre una altura de 8.26 m entre los puntos de referencia inferiores y superiores), y menos del 0,06% en sentido horizontal (menos de 1 cm para una distancia de 17,02 m entre los puntos de referencia de los extremos Norte y Sur). Sin embargo, es posible que en algunas medidas las diferencias sean producto de la manera en que se nivela el prisma al momento de tomar la medición con la estación total.

Por lo tanto, hasta el momento los mediciones no son concluyentes para derivar un coeficiente preciso: será necesario continuar con el monitoreo cuando menos otro año más. Pero ya puede anticiparse que el coeficiente de expansión contracción parece ser muy bajo, o sea que hay muy poca diferencia entre el tamaño de los restos arqueológicos en temporada seca y en tiempo de lluvia, lo que es alentador para los esfuerzos de preservación.

4. ANÁLISIS CRÍTICO

El trabajo realizado para la protección de la pirámide del sitio de La Joya es el resultado de cuatro temporadas de experimentación (2009, 2010, 2011 y 2012-2013) para desarrollar una capa de sacrificio conforme a las normas nacionales e internacionales de conservación y adecuada para proteger el vestigio arqueológico de las inclemencias del clima tropical húmedo que impera en la región. Todas las pruebas aplicadas durante estas temporadas siguen sin alterar la estructura original, ya que las capas de sacrificio se aplican sobre un geotextil que cubre el edificio prehispánico e impide el contacto de los productos utilizados con el material original. El monitoreo indica que el recubrimiento combinando proporciones mínimas de polímero vinílico e hidrofugante ofrecen una protección adecuada para las condiciones climáticas, mientras éstas queden dentro de los rangos normales. En los casos de huracanes, como Karl 2010 y Ernesto 2012, la violencia de los vientos combinados con la precipitación genera condiciones extremas que el recubrimiento no resiste. En el caso de Karl el problema diagnosticado fue la invasión de maleza que permitió que la lluvia penetrara al núcleo por debajo del geotextil, lo que provocó el colapso de una parte del relleno. En el caso de Ernesto, donde la invasión de maleza ya había sido controlada, fue el golpe directo de agua sobre el talud de contención Norte y el escurrimiento al nivel del andador que permitió el paso de humedad al relleno del talud, provocando el reblandecimiento del relleno del muro de contención y su subsecuente colapso.

Esto nos lleva a considerar que la capa de sacrificio desarrollada es viable para la preservación de arquitectura de tierra en ambientes tropicales húmedos, pero que en condiciones climáticas extremas (como los huracanes) es necesario anticipar en cuáles puntos puede concentrarse la fuerza mecánica de los elementos, para entonces desarrollar soluciones arquitectónicas en esos puntos vulnerables. Un problema sin solución clara de momento es el control de los agentes de bioturbación que afectan a la capa de sacrificio y a la arquitectura en general: vegetación (maleza, algas, hongos y líquenes), insectos (hormigas, avispas y moscas) y animales mayores (roedores y reptiles).

De manera paralela a las intervenciones se continúa con los estudios de las muestras prehispánicas mediante sedimentología, petrografía, difracción y fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Para la identificación de los aglutinantes se aplican, sobre fragmentos estructurales y sobre extractos, análisis de FTIR (espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier), cromatografía de masas y resonancia magnética nuclear. Los resultados obtenidos están ayudando a reconstruir la tecnología prehispánica, lo que en principio debería permitir desarrollar alternativas de preservación más afines a la tecnología antigua y proponer aplicaciones en la construcción moderna de tierra cruda.

5. REFLEXIONES FINALES

Es necesario recalcar que en el ámbito de México las intervenciones realizadas en La Joya representan un trabajo pionero de preservación de arquitectura de tierra prehispánica en el trópico húmedo. Por las características propias del vestigio se optó por no cubrirlo mediante un techo como es el caso de Cacaxtla, Kaminaljuyú y Joya de Cerén, en parte por los problemas que crean los techados, también por respetar las visuales que requiere la fachada de una pirámide, y finalmente por el problema de colocar un techo para cubrir un vestigio que se alza hasta 9,7 m por encima del terreno circundante, con una inclinación que lo haría particularmente vulnerable a los vientos dominantes del Norte y a los huracanes. Los únicos casos donde se intentó una consolidación de una capa de sacrificio para arquitectura expuesta es en Chalchuapa y Tazumal, donde aplicaron un producto consolidante parecido al tetraetilortosilicato, producto que en el ámbito de la preservación de arquitectura de tierra ha sido recientemente declarado como no recomendable (Achenza, 2009).

La investigación de las muestras prehispánicas sugiere la presencia de un aglutinante que tuvo efectos de polimerización, por lo tanto se considera justificable utilizar una capa de sacrificio consolidada con muy bajas proporciones de polímeros vinílicos artificiales,

mientras se continúa con la investigación enfocada a identificar la tecnología prehispánica. Tal como está, la capa de sacrificio desarrollada es conforme a los requisitos enunciados en la Carta de Venecia y los principios de restauración de 2003: es reversible, no sella el núcleo, la apariencia es cercana al original. Se reconoce que no cumple con el criterio de autenticidad, en el sentido que sólo proporciona una copia de la apariencia original, pero esta opción se considera preferible a la aplicación sobre superficies originales de los productos actualmente disponibles, que no sería reversible (silicatos y acrílicos).

En la medida que todos los procedimientos y el monitoreo han quedado debidamente documentados, y que los resultados son el objeto de publicaciones en revistas especializadas del área, se considera que el proyecto representa una aportación significativa en el estudio y preservación de la arquitectura de tierra en el trópico húmedo (Daneels; Guerrero 2010, 2011, 2012a y 2012b; Daneels et al, 2009 y 2010; Guerrero; Daneels, 2012; Liberotti; Daneels, 2012; Kita et al., 2013).

AGRADECIMIENTOS

El proyecto del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México recibió financiamiento de la misma universidad, del Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (Becas Nacionales 2007) y del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) en 2005-2008 (PAPIIT IN305503), en 2009-2011 (PAPIIT IN405009) y en 2012-2014 (PAPIIT IN300812), así como de la Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Inc. (FAMSI 07021, en 2007), Dumbarton Oaks (2007-2008) y Conacyt (Fondo Institucional 90636, en 2009).

Los análisis estructurales de materiales constructivos prehispánicos se realizaron por los siguientes miembros del proyecto: en la UNAM: M. C. M. Reyes: absorción, densidad, análisis microscópico, Laboratorio de Restauración, y M. C. C. Adriano: análisis microscópico de restos botánicos para identificar maderas de techado y desgrasante de aplanados, Laboratorio de Paleoetnobotánica, Instituto of Investigaciones Antropológicas; Dr. A. Maciel: resistencia a la compresión de los aplanados, y Dr. M. A. Canseco, FTIR, Instituto de Investigaciones Materiales; Dr. L. Silva: petrografía y láminas delgadas, y Dr. P. Girón: fluorescencia y difracción de rayos X en rellenos, adobes, aplanados y pisos, y en sus fracciones finas, Instituto de Geología; Dr. H. Gómez and técnico I. Puente: Microscopio electrónico de barrido, Facultad de Química; Dr. Em. A. Romo de Vivar: FTIR, RMN, Cromatografía de Masas, en extractos de adobes y aplanados, Laboratorio de Productos Naturales del Instituto de Química; en la Universidad de Tamaulipas: Dr. R. Roux: sedimentación, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, resistencia a la compresión of rellenos, adobes, y aplanados, Laboratorio de Análisis Materiales de la Facultad de Arquitectura.

Las excavaciones arqueológicas, las intervenciones de preservación y los estudios de muestras estructurales prehispánicas contaron con los permisos del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achenza, M. (ed.) (2009). *Experts workshop on the study and conservation of earthen architecture and its contribution to sustainable development in the Mediterranean region: final report. Villanovaforru, Sardegna, Italy, 17-18 March 2009*. Getty Conservation Institute, Los Angeles/CRATerre-ENSAG, Grenoble/UNESCO-ICOMOS, Paris: ICOMOS Documentation Center. Disponible en http://ebookbrowse.com/mediterra-finalreport-pdf-d18766285.

Daneels, A. (1981). Exploraciones en superficie en el Centro de Veracruz. Informe General presentado ante el Consejo de Arqueología. Exploraciones en superficie en el Centro de

Veracruz. Informe General presentado ante el Consejo de Arqueología. México: Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (1990). Exploraciones en el Centro de Veracruz. Quinta temporada. Prospección y levantamiento topográfico en el Centro de Veracruz. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2005). Temporalidad y función de la arquitectura de tierra. Temporada IX, informe parcial, Exploraciones en el Centro de Veracruz. México: Archivo Técnico de la Coordinación de Arqueología. INAH.

Daneels, A. (2009). Informe técnico parcial de la propuesta para la preservación de la pirámide de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2010a). Informe de diagnóstico de daños ocasionados por el paso del huracán Karl sobre el sitio arqueológico de La Joya, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz., México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2010b). Informe técnico parcial de la segunda serie de pruebas en la propuesta para la preservación de la pirámide de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Temporada XII. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2011). Informe de intervención para paliar los daños ocasionados por el paso del huracán Karl sobre el sitio arqueológico de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Veracruz: Centro INAH Veracruz.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2010). Espacios habitables prehispánicos construidos con tierra en la costa veracruzana. En *El espacio habitable y la cultura local, V Cátedra Nacional de Arquitectura Carlos Chanfón Olmos.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 624-646.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. *APT Bulletin* (Association for Preservation Technology) New York: Mount Ida Press, pp. 11-18.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2012a). Earthen building techniques in the humid tropics: The archaeological site of La Joya, Veracruz, Mexico. En *Nuts and bolts of construction history. Culture, technology and society*. Paris, Éditions Picard, Vol. 2, pp. 354-358.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2012b). La Joya, Veracruz: un sitio prehispánico construido con barro crudo. *Intervención. Revista internacional de conservación, restauración y museología*. México: Encrym – Churubusco, Año 3, Vol. 6, pp. 34-43.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (en prensa). The La Joya Earthen Pyramid after hurricane Karl, September 2010, on the Gulf coast of Mexico. En *Proceedings TERRA 2012.* Lima: PUCP.

Daneels, A.; Guerrero, L. F.; Roux, R. (2009). Labores preliminares de conservación de la pirámide de La Joya, Veracruz, México. En *Arquitectura de tierra y habitat Sostenible (VIII Seminario Iberoamericano de Construcción de Tierra y II Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción de Tierra)*. Tucumán: CRIATIC-FAU-UNT, pp. 404-411.

Daneels, A.; Guerrero, L. F.; Roux, R. (2010). Caracterización de los materiales y sistemas constructivos de tierra en la ciudad prehispánica de La Joya, Veracruz, México. En *Terra, un seminario. 6° Seminario Arquitectura de Tierra en Portugal, 9° Seminario Iberoamericano de Construcción y Arquitectura de Tierra*. Lisboa: editorial Argumentum, pp. 64-68.

Daneels, A.; Piña, D. (2012). Segundo informe técnico parcial: preservación y monitoreo, de la propuesta para la preservación de la pirámide de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, proyecto 2011, parte de la temporada XIII del proyecto “Exploraciones en el Centro de Veracruz México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Escalona, A. (1937). Ruinas de “El Tejar”. Informe rendido a Luis Rosado Vega, Director Jefe de la Expedición Científica Mexicana, acerca de diversos trabajos de exploración en las Ruinas arqueológicas de El Tejar, Veracruz. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

García, E. (1970). Los climas del estado de Veracruz (según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por la autora). *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 41, *Serie Botánica* 1, pp.3-42.

Guerrero, L. F.; Daneels, A. (2012). La construction en terre crue dans les tropiques humides: un cas archéologique exceptionnel au Véracruz, Mexique. En *XXVII Assemblée Générale de l’ICOMOS 2011, Paris, Thème n°2 «Le retour à l’Art de bâtir».* Disponible en http://icomos.org/en/component/content/article?id=477:icomos-17th-general-assembly-scientific-symposium-proceedings, pp. 422-430.

ICOMOS (1964). *Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios. Venecia: ICOMOS*. Disponible en http://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf.

ICOMOS (1990). *Carta internacional para la gestión del patrimonio arqueológico*. Lausana: ICOMOS. Disponible en http://www.international.icomos.org/charters/arch_sp.pdf.

ICOMOS (2003). *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*. Victoria Falls: ICOMOS. Disponible en http://www.international.icomos.org/charters/structures_sp.pdf.

Iniciativa Maya (2000). Joya de Cerén, El Salvador, campaña de marzo-abril 2000. Analysis of the Structures and Preliminary Assessment. The Getty Conservation Institute y el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Informe inédito. Ciudad de San Salvador: Archivo Técnico del Departamento de Arqueología de la Secretaría de Cultura.

Kita, Y.; Daneels, A.; Romo, A. (2013). Chemical analysis to identify organic compounds in pre-Columbian earthen architecture. *The Online Journal of Science and Technology* 3 (1). Turquía: TOJSAT, pp. 39-45.

León, I. (1991). Proyecto de rescate arqueológico en la región de Medellín, Veracruz. *Boletín del Consejo de Arqueología 1990*. México: INAH, pp. 159-162.

Liberotti, G.; Daneels, A. (2012). Técnicas constructivas en tierra: reconstrucción 3D y análisis químico-físicos en los sitios de La Joya (México) y Arslantepe (Turquía). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 64 (1). México: CONACYT, pp. 79-89.

Ohi, K.; Girón, I. (2000). Los muros de morteros y los materiales para la restauración de la arquitectura de tierra en la zona Casa Blanca. En *Chalchuapa, Informe de la investigación interdisciplinaria de El Salvador (1995- 2000)*, K. Ohi ed.. Kyoto: University of Foreign Studies, pp. 262-266.

Ohta, Y.; Toyoda, M.; Tanaka, Y.; Ohi, K. (1997). TOT, un nuevo consolidante para la conservación de objetos hechos de tierra y piedra. En *Antología de Chalchuapa*, K. Ohi ed. Kyoto: University of Foreign Studies, pp. 69-73.

Quintero, M. (1934). Informe mensual de la visita de inspección en zonas arqueológicas de Laguna, Paso del Toro y El Tejar. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Quintero, M. (1935). Informe mensual de la visita de inspección a Medellín y Tejar, Paso del Toro, así como de la localización de la zona arqueológica de Cocuites. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Quintero, M. (1943). *Informe de las exploraciones practicadas en las zonas arqueológicas de El Tejar, Medellín, Paso del Toro y Laguna.* México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Currículos

Annick Daneels, Arqueóloga (licenciatura y doctorado) por la Universidad de Gante, Bélgica, doctora en antropología por la UNAM, México. Investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas desde 1998, responsable del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, desde 2004 estudiando arquitectura de tierra como tecnología prehispánica y patrimonio. Miembro de la Red PROTERRA.

Aarón David Piña Martínez, Arqueólogo por la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente estudiante de maestría en el posgrado en Estudios Mesoamericanos de la Facultad de Filosofía y Letras y el Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM. Desde 2009 colaborador del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz.

ADITIVOS ORGÁNICOS NATURALES DE USO TRADICIONAL Y SU APLICACIÓN EN REVESTIMIENTOS DE TIERRA

Isolina Díaz Ramos

Instituto Tecnológico para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu)
Universidad Nacional del Nordeste. Chaco, Argentina
Avenida de las Heras, s/n Tel. (+54) 362154011170
isolinaki@gmail.com

Palabras claves: Coloide, adyuvante, embarrado, aglutinante.

Resumen

La utilización de productos naturales de origen animal, vegetal y mineral como adyuvantes de los revoques de tierra ha sido una práctica comúnmente empleada debido a las cualidades de dichas materias, capaces de conferir a los embarrados estabilidad, impermeabilidad y rechazo a los insectos, entre otras propiedades.

Pese a la aparición en las últimas décadas de agregados de uso industrial en el mercado, estas actividades tradicionales han conseguido perdurar y continúan realizándose, fundamentalmente, entre comunidades de países en vías de desarrollo.

Sin embargo, este saber ha sido asociado históricamente al folclore, o estudiado bajo un punto de vista antropológico, por lo que se asiste en la actualidad a una falta de conocimientos precisos sobre el empleo y comportamiento de estas sustancias.

La recopilación y clasificación de los adyuvantes de procedencia orgánica es la base principal de esta investigación. Para ello, se analizará la literatura existente sobre la temática de estudio, basada principalmente en textos sobre arquitectura y tratados de arte, ya que la mayor parte de las fuentes que tratan las propiedades y usos de estas sustancias provienen del mundo de la pintura principalmente.

Se seguirá en su ordenación las pautas marcadas por la química orgánica para los compuestos de procedencia natural, que los clasifica en prótidos, sacáridos y lípidos.

1. ANTECEDENTES

La investigación "*Estudio y conservación del hábitat tradicional en tierra cruda en la región del nordeste argentino (NEA) y su aplicación constructiva actual*, llevada a cabo en el Instituto Tecnológico para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu) desde octubre de 2011, ha generado un estudio transversal consistente en el análisis y clasificación de los adyuvantes orgánicos utilizados tradicionalmente en la realización de revocos de tierra.

El apoyo formal recibido por la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) en su programa *Becas para españoles para estudio de postgrado, doctorado e investigación en Universidades y centros superiores extranjeros de reconocido prestigio en países de Ayuda Oficial al Desarrollo* (BOE número 168, 14 de julio de 2011), hace posible la ejecución de las pesquisas nombradas.

1.1. Introducción

El empleo de sustancias naturales por parte del hombre es conocido desde épocas prehistóricas. Estos productos han sido utilizados desde la ornamentación de cuevas, viviendas o refugios, en procesos de momificación en el antiguo Egipto, hasta en la creación de perfumes e industria cosmética actuales.

Tradicionalmente, era usual utilizar en la preparación de embarrados aditivos naturales, ya que otorgaban a los revocos propiedades como dureza, buen aislamiento térmico y

repelencia a los insectos, entre otras.

Se trata de productos de naturaleza orgánica, poseedores de características óptimas que los hacen adecuados a los soportes sobre los que se trabaja[1].

Todas ellas son sustancias con propiedades coloidales, provenientes de materias naturales del reino animal, vegetal y mineral, siendo procesadas o combinadas con métodos fundados en costumbres empíricas, aprovechando de un modo sencillo sus cualidades y reduciendo sus desventajas[2].

1.2. Justificación

Desde mediados del siglo XIX, en pleno auge de la Revolución Industrial, las prácticas constructivas tradicionales empezaron a ser abandonadas debido la aparición de agregados comerciales que comenzaron a dominar en el campo de la construcción.

Se trata de materiales de naturaleza distinta a los adyuvantes históricos, elaborados a través de complicados procesos químicos y realizados con el objetivo de satisfacer demandas determinadas.

En el mercado actual existe, por tanto, gran variedad de estos materiales con fines y usos industriales específicos. Debido a ello, se ha comenzado a prescindir progresivamente de las prácticas tradicionales de construcción, entrando cada vez más en el olvido los materiales utilizados en el pasado, siendo denostados y desestimados ante la presencia de estos productos novedosos.

En la actualidad, el conocimiento sobre las propiedades de estas sustancias añejas es bastante vago. La adición de fibras vegetales en la estabilización de morteros térreos es una práctica común, pero existen otros productos que ayudan a conferirles propiedades óptimas tanto en el manejo del material como en su estabilidad.

1.3. Objetivos

La recopilación y clasificación de estas sustancias es el objetivo principal de esta investigación.

Para ello, se analizará la literatura existente sobre la temática de estudio, basada principalmente en textos sobre arquitectura, tratados de arte y medicina antiguos, ya que las propiedades y usos de estas materias se conocen mayormente debido a su utilización extensa en el mundo de las artes y la farmacopea.

La heterogeneidad de los productos existentes hace necesaria la ordenación de estas sustancias para su estudio óptimo, siguiendo para ello la clasificación química para los compuestos orgánicos procedentes del reino animal y vegetal, que los encuadra en lípidos, prótidos y sacáridos (Figura 1).

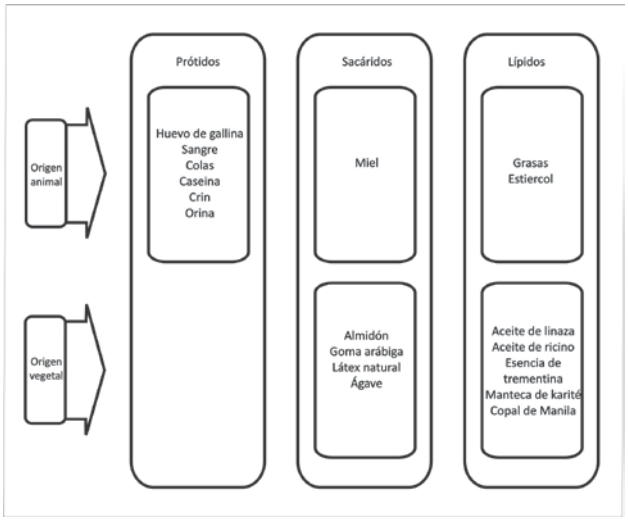


Figura 1. Clasificación de sustancias orgánicas

Fuera de estudio quedarán, por tanto, las sustancias de procedencia mineral, al tratarse de productos originados fuera del ámbito de los seres vivos.

2. PRÓTIDOS

Los prótidos han sido utilizados habitualmente como adhesivos debido a sus propiedades coloidales, siendo uno de los *"componentes más importantes en los seres vivos por ocuparse de su estructura (el colágeno) y su funcionalidad (las enzimas).*" (Garófano, 2011, p. 58).

La utilización de crin de caballo o pelo animal es una práctica muy común por el aporte de fibras que confieren a los revocos.

La orina, generalmente equina, contribuye a la disminución de fisuras en el proceso de secado de los embarrados.

Smith (1991) subdivide los prótidos utilizados en las técnicas artísticas en albúminas, colágenos, colas de pescado, mucoproteínas y fosfoproteínas.

Al primer grupo pertenecen la yema y clara de huevo junto con la sangre; el colágeno se encuentra en los cartílagos o pieles de animales, desde los que se extraen colas y gelatinas; la mucoproteína está presente en la clara del huevo; y las fosfoproteínas se pueden localizar en la caseína.

Todos estos productos, de procedencia animal, han sido utilizados tradicionalmente como aglutinantes en los jaharrados, a excepción de las colas y gelatinas.

2.1. Albúminas

Mayer (1993, p.149) define las albúminas como *una clase de proteínas que tienen la propiedad de coagularse con el calor, como se demuestra al cocer un huevo.*

Entre las albúminas encontradas en la realización de revocos, las más empleadas han sido el huevo de gallina y la sangre.

2.1.1. Huevo

A temperaturas superiores a 70ºC el huevo se endurece, acción que se produce también bajo el efecto de la luz.

El huevo de gallina es utilizado como aglutinante proteico desde antiguo, bien usando la clara, la yema o ambos componentes. Proporciona a los embarrados dureza y repelencia al agua: *La emulsión de huevo seca en una película muy elástica, insoluble en agua y de una resistencia nada común* (Doerner, 1989, p. 148).

Yema de huevo

La yema está compuesta en un 50% de agua, un 15% de albúmina, un 22% de aceite graso y un 10% de lecitina.

En ella también se encuentra la vitelina, otro componente albuminoide que hace aumentar la capacidad emulsionante de esta sustancia.

La yema por sí sola es un aglutinante excelente debido a la alta proporción de grasas que la componen, aportando a los revocos propiedades como adhesión, cohesión, elasticidad e insolubilidad; característica esta última que aumenta con el paso del tiempo.

2.1.2. Sangre

La sangre de animal es utilizada por sus propiedades coloidales, otorgando a la mezcla una buena capacidad aglutinante entre las partículas y favoreciendo el secado rápido del producto.

La sangre de buey, utilizada en la fabricación del azul de Prusia en la antigüedad, es mencionada por Esteller (2006) debido a su capacidad para disipar y ablandar durezas, por

lo que es fácil deducir que su uso facilita el amasado.

2.2. Colágeno

Extraído de huesos y pieles de animales, son sustancias muy utilizadas en la pintura antigua, siendo la más frecuente por su elevado poder coloidal, la cola de conejo.

Sin embargo, no se ha encontrado en la literatura consultada cola de conejo en la preparación de jaharrados, habiéndose optado históricamente por la caseína debido, con toda probabilidad, a su utilización en frío[3].

Por otro lado, un uso apropiado de estas sustancias sería diluirlas en el agua de revoco que contenga taninos, ya que multiplicaría las propiedades coloidales de estos últimos.

2.3. Mucoproteínas

2.3.1. Clara de huevo

La clara de huevo está conformada en un 85% por agua, un 12% de albúmina y un 0,2% de aceite graso.

Debido a la poca cantidad de grasas que posee, genera películas frágiles y susceptibles a la presencia de agua por lo que no es recomendable su utilización sola.

Para dotarla de flexibilidad y elasticidad, se le suele añadir miel, melaza o glicerina.

2.4. Fosfoproteínas

2.4.1. Caseína

La caseína está conformada por una mezcla compleja de varias proteínas que provienen del cuajo sin tratar de la leche, siendo utilizada como adhesivo y aglutinante desde la antigüedad: Esteller (2006) destaca la propiedad emoliente de la leche como una de sus características más destacables[4].

La caseína se hincha con el agua, pero es insoluble en ella. Para volverla soluble se debe transformar en *caseinato,* es decir: se le debe agregar una base como amoniaco, cal o sosa, dejándola reposar durante toda una noche. De esta manera se forma una solución coloidal.

El producto resultante posee fuertes propiedades adhesivas.

La poca resistencia al agua de este producto obliga a su mezcla con otros para conformar emulsiones. La adición a la caseína de aceites secantes, como el de linaza, mejora sus propiedades, dotando a esta cola de durabilidad y resistencia a la intemperie.

Así mismo, la caseína es utilizada para disminuir la fisuración de los embarrados.

3. SACÁRIDOS

La fácil miscibilidad y solubilidad en agua de estas sustancias de procedencia tanto vegetal como animal ha favorecido su uso frecuente en las mezclas térreas.

Químicamente poseen un comportamiento coloidal, y entre las más destacables encontramos la miel, almidón, gomas y mucílagos.

3.1. Miel

Más allá de sus usos como conservante natural en los procesos de momificación del antiguo Egipto, esta sustancia obtenida de las abejas posee para Esteller (2006) una virtud distersiva.

Empleada como plastificante, su higroscopicidad genera flexibilidad en los revocos.

Mezclada con la clara de huevo, le confiere a la emulsión elasticidad, y funciona muy bien con la goma arábiga.

3.2. Almidón

Polisacárido presente en el reino vegetal, está constituido por partículas insolubles en agua fría que conforman soluciones viscosas; han sido utilizados tradicionalmente por sus capacidades adhesivas y aglutinantes.

El gluten presente en el trigo, cebada y avena proporciona elasticidad a sus harinas.

Las más utilizadas en la práctica de embarrados han sido las de centeno y arroz por sus aportes a la mezcla de manejabilidad, flexibilidad y cohesión entre sus partículas.

Dextrinación

Para prevenir el proceso de retrogradación del almidón, que lo vuelve cada vez más insoluble, se efectúa la dextrinación.

Se trata de un procedimiento mediante el cual se procede al calentamiento del almidón a una temperatura entre 60ºC y 190ºC. De esta manera pierde humedad y permite su solubilidad en agua. Son utilizados con frecuencia en este proceso la tapioca, el maíz, el trigo y la papa.

Las dextrinas confieren a los revocos fluidez y una buena capacidad aglutinante.

Añadirles materiales higroscópicos como la glicerina, ayuda a potenciar su capacidad coloidal, según Doerner (1989).

Pueden ser utilizados como espesantes, tratándose de una opción más asequible que la goma arábiga.

3.3 Gomas vegetales

Doerner (1989, p. 88) define las gomas vegetales como *unas secreciones resinosas pero solubles en agua procedentes de árboles o arbustos. Las gomas forman con el agua soluciones coloidales y se emplean como colas y diluyentes*.

Se trata de polisacáridos mixtos utilizados no sólo como colas, sino como agentes espesantes y aglutinantes.

Goma arábiga

Se origina a raíz de la secreción de un tipo de acacia africana, tratándose de un coloide protector muy soluble en agua de notables propiedades.

Su función más característica es la de espesativo, estabilizador en emulsiones, así como la de aglutinante de partículas.

Látex natural

Sustancia de composición compleja al tratarse de una mezcla de gomas, resinas y proteínas, entre otras, por lo que se puede analizar igualmente bajo el punto de vista de una resina.

Extraídas de plantas de la familia de las *Euphorbias* y de la variedad de géneros de *Ficus*, producen emulsión al mezclarse con agua.

Son utilizadas por sus fuertes propiedades coloidales y como repelentes de insectos, debido al alto grado de toxicidad que poseen.

3.4. Mucílagos

Otros sacáridos empleados en las técnicas tradicionales de enfoscado son los mucílagos, provenientes de la transformación de determinadas plantas.

Con cualidades similares a las gomas, producen soluciones viscosas parecidas a la gelatina. Se extraen de los nopales, ágaves, algas y otras especies vegetales.

Ágave

Otras denominaciones populares para esta planta son *pita, tuna* o *mezcal*.

Son muy utilizadas tanto las fibras de sus pencas como su jugo, empleado por su óptimo carácter coloidal.

4. LÍPIDOS

Por lípidos se comprende una serie de sustancias hidrófobas solubles en solventes orgánicos como hidrocarburos, ésteres, etc.

Pueden poseer tanto el aspecto líquido de los aceites como el sólido de las grasas y ceras.

Las resinas naturales clasifican dentro de este apartado por su repelencia al agua y miscibilidad en aceite, entre las que se incluye, además, la esencia de trementina.

4.1. Aceites

El aceite es un líquido graso no miscible en agua que proviene de fuentes animal, mineral o vegetal.

Los más empleados en los jaharrados son aquellos de origen vegetal, extraídos generalmente de la presión de nueces o semillas de algunas plantas.

La cantidad y tipo de ácidos grasos que un aceite posea determinará su capacidad de secado, siendo determinantes para ello los ácidos linolénico y linoleico.

Se clasifican entonces en aceites secantes, semisecantes y no secantes.

De estos líquidos grasos, los más empleados tradicionalmente como adyuvantes de embarrados han sido mayoritariamente los aceites secantes, como el de linaza, y el aceite de ricino, perteneciente este último a la familia de los aceites no secantes.

4.1.1. Aceites secantes

Son aquellos que secan por oxidación o absorción del oxígeno del aire, conformando una película que se va endureciendo con el paso de los años, haciéndose cada vez más dura y estable.

Es utilizado por sus propiedades adhesivas y aglutinantes.

Aceite de linaza

Las semillas de lino molidas y calentadas en vapor de agua dan origen a este aceite.

El alto porcentaje de ácido linolénico presente en el aceite de linaza lo hacen uno de los más secantes existentes. Su tiempo de secado varía entre cinco y doce días.

Empleado desde antiguo para dar impermeabilidad a los revocos, en las técnicas pictóricas del siglo XIII se conoce su uso como emulsión al mezclarlo con otras sustancias prótidas.

Esta suma de productos es igualmente empleada en las técnicas constructivas tradicionales, ofreciendo muy buenos resultados.

4.1.2. Aceites no secantes

Se utilizan en la producción de medicamentos, plásticos, jabones, pinturas y barnices por sus propiedades lubricantes.

Aceite de ricino

Se obtiene de las semillas del *Ricinus communis L*.

Utilizado generalmente como lubricante, su uso se extiende a la industria al ser posible su mezcla con alcohol y esencia de trementina. Se comercializa entonces como plastificante en materiales de revestimiento.

Otros aceites vegetales nombrados por diferentes autores en la ejecución de embarrados son los aceites de algodón y karité (Didier, 2005), de ceiba (Minke, 2006), de coco y aceite usado (Doat et al, 1979).

4.2. Grasa animal

Pese a que Mayer (1993) considera los sebos o grasas y mantecas animales productos pertenecientes a la categoría de aceites secantes, se prefiere en este trabajo clasificarlos como lípidos de aspecto sólido, como se ha descrito en el punto cuatro.

El sebo animal es utilizado en la producción de jabones y se realiza llevando a ebullición un aceite vegetal, grasa animal o resina junto con agua.

La grasa es nombrada por Esteller (2006) para resaltar su poder emoliente y su uso tradicional para ahuyentar serpientes y alimañas.

4.3. Resinas naturales

Son el producto resultante de la extracción de secreciones de la savia de determinados árboles. Poseen una composición compleja y cambiante debido a la oxidación producida por el paso del tiempo, siendo completamente insolubles en agua.

Su uso es bastante antiguo: en las dinastías egipcias como aglutinantes pictóricos y bajo forma de lacas en el Imperio Chino.

Existen dos grupos de resinas según la familia arbórea de donde procedan: resinas duras o diterpénicas y resinas blandas o triterpénicas[5].

4.3.1. Resinas duras

Provienen de coníferas y leguminosas.

Pueden tener una antigüedad de miles de años, siendo la resina diterpénica más destacable de este grupo el ámbar.

Cuanto más antigua es una resina, más insoluble se vuelve.

La más utilizada como adyuvante en los embarrados es el Copal de Manila (6).

Copal de Manila

Se extrae de la corteza de árboles del orden de las coníferas, concretamente los pertenecientes a la familia *Araucariaceae*.

4.4.2. Resinas blandas

Las resinas blandas o triterpénicas son aquellas que proceden de árboles vivos, mayoritariamente de la familia de las Angiospemas .

Manteca de karité

Producto resultante de la trituración y posterior ebullición de las nueces procedentes del árbol africano *Vitellaria Paradoxa*.

Se trata de una grasa vegetal que contiene pequeños porcentajes de látex natural.

Utilizada tradicionalmente en los embarrados ya que facilita el amasado de la mezcla y por la capacidad que posee para aportar estanqueidad a los revocos.

Esencia de trementina

Se trata del producto resultante de secreciones vegetales disueltas en una resina.

Proviene de la destilación de la resina del pino.

Didier (2005) destaca su propiedad como activador de secado de los aceites vegetales.

4.4. Estiércol

Pese a que un porcentaje muy elevado de esta materia es agua, el 5 % de los aceites que lo componen permite encuadrarlo dentro de los lípidos.

Los más utilizados, dependiendo del lugar donde se efectúe, son el de vacuno y ovino, siendo empleados también el de camello y caballo.

Utilizado por sus cualidades aislantes, Esteller (2006) se refiere a él por su efecto terapéutico contra las mordeduras de serpientes y escorpión, siendo aplicado además como repelente de insectos.

5. OTROS PRODUCTOS

La complejidad en la estructura y composición de algunos productos hace muy difícil su clasificación en esta pesquisa, por lo que se sitúan en este apartado, a la espera de futuras indagaciones que ayuden a aclarar esta organización.

Taninos

Se trata del producto derivado de la glucosa que producen algunos vegetales.

Su uso más extendido ha sido en la preparación de tintes y en el curtido de pieles, ya que poseen una notable capacidad para reaccionar con las proteínas del colágeno, uniéndolas entre sí. Esto favorece en la piel un aumento de la resistencia al calor y a la putrefacción por el agua.

Se deduce de ello que la mezcla de taninos con otros productos (colas) de origen animal ayudaría a potenciar la capacidad aglutinante de estos vegetales.

Los taninos más utilizados son los procedentes de la acacia, el roble y el castaño.

Solubles en agua y en agua-alcohol, estas sustancias poseen propiedades coloidales que las hacen idóneas para su empleo en los revocos; el sabor astringente que poseen los convierten además en un buen repelente de insectos (7).

Tierra de hormiguero

El hormiguero está constituido básicamente por una mezcla de arena, hojas, arcilla y tierra que, junto a la secreción salivar que producen las hormigas, caracterizan y transforman la tierra en un producto sólido.

La tierra de hormiguero es empleada popularmente por la buena resistencia que proporciona a los embarrados en el exterior.

5. REFLEXIONES FINALES

Se ha pretendido en este artículo mostrar la variedad de sustancias utilizadas tradicionalmente como adyuvantes en el proceso de amasado de los embarrados. Algunas funcionan muy bien por sí solas, mientras que en otras es preferible su mezcla.

Fuera de este registro han quedado algunos productos que, bien por su uso más actual -al menos en la cultura occidental-, o por la falta de textos que completen su caracterización, no han sido incluidos.

Tal es el caso del agar-agar, sacárido proveniente de las algas, muy utilizado como espesante no sólo en la industria gastronómica, sino también en el de la restauración de obras de arte.

Igualmente los taninos y la tierra de hormiguero, son productos que tienen aún pendiente un estudio profundo para el desarrollo de sus capacidades, por no mencionar los céridos y otras sustancias de origen mineral que no han tenido cabida en este texto.

La dificultad mayor encontrada en este trabajo ha sido la clasificación de algunas materias debido a la similitud en sus componentes químicos y a la apariencia semejante de muchos de los productos analizados.

En la mayoría de los casos, el mayor o menor grado de solubilidad en agua ha determinado su distribución.

Esta investigación considera la catalogación y clasificación de estas sustancias como el

trabajo previo a realizar antes de proceder a un posterior análisis del comportamiento y durabilidad de estos productos.

El estudio de la aplicación correcta y dosificación de estas materias, necesario para establecer una interpretación posterior de sus modos de conservación, son tareas ineludibles.

Se considera igualmente importante hacer visibles estas sustancias y sus capacidades, tanto como alternativa económica y sustentable frente a los agregados de procedencia industrial, como en el campo de la conservación y restauración del patrimonio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Didier, L. (2005). *Les enduits en terre. Synthèse et transmission des savoir-faire dans le cadre du programme Européen Leonardo da Vinci*. Grenoble: Mémoire DSA - Terre 2002 - 2004. Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement - Architecture de Terre.

Doat, P. Hays, A. Houben, H. Matuk, S. Vitoux, F. (1979). *Construire en terre*. Francia: AnArchitecture.

Doerner, M. (1989). Los materiales de pintura y su empleo en el arte. Barcelona: Editorial Reverté, 5a edición.

Esteller, A. (2006). *Discórides interactivo*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca. Disponible en http://dioscorides.eusal.es/

Garófano. I. (2011). Materiales orgánicos naturales presentes en pinturas y policromías. Naturaleza, usos y composición química. En *Criterios, Proyectos y Actuaciones.* Revista ph nº 80. Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, pp. 56-71.

Mayer, R. (1993). *Materiales y técnicas del arte.* Madrid: Tursen.

Minke, G. (2006). *Building with heart. Design and technology of a sustainable architecture*. Birkhũser Publishers for Architecture. New York.

Smith, R. (1991). *El manual del artista.* Madrid: Editorial Blume.

Notas

(1) Desde el punto de vista químico, se trata de sustancias compuestas principalmente de carbono, junto a otros componentes como el hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, entre otros.

(2) El término *coloide* o *coloidal* es una palabra derivada del griego "*kolas",* que significa capacidad para pegar. Describe la propiedad de unir sustancias fluidas con otras sólidas.

(3) Las colas animales y gelatinas requieren para su óptima hidratación la utilización de agua caliente, que les confiere un estado líquido-viscoso. Esta característica del producto es muy probable que haya sido el motivo por el cual no se han utilizado estas colas como adyuvantes de los embarrados, optándose por otras de preparación más sencilla.

(4) El término emoliente designa la capacidad de ablandar o suavizar que posee un producto. Es muy requerido en la medicina antigua.

(5) Según el autor que las nombre, se pueden designar las resinas duras como *resinas fósiles*, y las resinas blandas como *resinas recientes*.

(6) El Copal de Manila genera bastante controversia, pues los autores consultados difieren en su clasificación, situándolos unos como resinas duras mientras que otros lo etiquetan como resinas blandas.

(7) El Departamento de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste lleva a cabo en la actualidad interesantes investigaciones acerca de la consolidación de suelos con taninos, empleando para ello el extracto de quebracho colorado, especie arbórea frecuente en esta región de la Argentina.

Currículo

Isolina Díaz Ramos Licenciada en Bellas Artes. Restauradora y conservadora de Patrimonio, especialista en pintura mural. DSA-CRATerre 2010-2012. Doctoranda de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

LA CORONACIÓN EN LA ARQUITECTURA DE TAPIA. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DE INTERVENCIÓN A TRAVÉS DEL ARCHIVO DEL INSTITUTO DE PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA (IPCE)

Lidia García Soriano[1], Camilla Mileto[2], Fernando Vegas López-Manzanares[3]

Instituto de Restauración del Patrimonio Arquitectónico, Universidad Politécnica de Valencia, España.
[1] ligarso@hotmail.com; [2] cami2@cpa.upv.es; [3] fvegas@cpa.upv.es

Palabras claves: Arquitectura de tapia, tierra, restauración, protección

Resumen

El presente estudio se enmarca dentro del proyecto de investigación "La restauración de la arquitectura de tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas" (ref. BIA 2010-18921; investigadora principal: Camilla Mileto) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

Este trabajo se ha desarrollado a partir del vaciado del archivo del Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) y del posterior análisis de los proyectos de intervención en edificios de tapia. Al tratarse de intervenciones financiadas con fondos públicos, la muestra de estudio seleccionada está formada exclusivamente por edificios monumentales, y por tanto quedan fuera del alcance de este trabajo los edificios de tapia propios de la arquitectura vernácula.

La investigación pretende ser un análisis de las técnicas de intervención propuestas en la restauración de la arquitectura de tapia de estos últimos treinta años (desde 1980 hasta la actualidad), centrándose fundamentalmente en un punto muy concreto y particular de los muros, su coronación. Se debe atender a la coronación como un elemento fundamental en la conservación de los muros, ya que son los defectos en esta zona los que provocan, a corto y largo plazo, problemas estructurales y de estabilidad en los muros (infiltraciones de agua, desprendimientos de material…)

La metodología para el análisis de estas intervenciones es a través de fichas, en las que se estudian las carecterísticas propias de cada intervención. Estas fichas nos permiten realizar un análisis de semejanzas y contrastes en las diversas intervenciones frente a un mismo problema: la coronación del muro. La variedad de las soluciones propuestas nos permite también analizar los valores y criterios de intervención propios de cada autor, tanto los criterios generales (protección-consolidación, reintegración, reconstrucción, demolición), como los criterios específicos (compatibilidad material, estructural, reversibilidad, mínima intervención, etc).

Los resultados de este trabajo pretenden contribuir al conocimiento de estas intervenciones, así como extraer unas primeras conclusiones sobre el resultado de éstas frente al paso del tiempo.

1. PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Este trabajo debe entenderse como parte de una investigación más amplia, cuyo objetivo es el estudio y el análisis de las obras de restauración llevadas a cabo durante el periodo 1980-2011 en la arquitectura de tapia en España, financiadas por el Ministerio de Cultura del Gobierno de España.

La arquitectura de tierra en general y de tapia en particular ha estado presente desde épocas muy tempranas en la tradición constructiva de gran parte del territorio de la Península Ibérica. Su valor como parte de la cultura de los materiales de construcción en la península es innegable tanto por su origen como por el grado de conservación de estas estructuras y su perfecta adaptación con el medio ambiente (AA.VV. 2011). La construcción con tapia, en todas sus variantes constructivas, se ha desarrollado en España a lo largo de la historia tanto en la arquitectura monumental como en la tradicional, hasta que a principios del siglo pasado entró en gran decadencia, llegando prácticamente a desaparecer unas

décadas después (Font, Hidalgo 2011). Este fenómeno se produjo principalmente debido al desarrollo industrial y la introducción de nuevos materiales, que progresivamente fueron sustituyendo los sistemas constructivos tradicionales en tierra por considerarlos de peores prestaciones técnicas y en definitiva, obsoletos. Desde hace ya cierto tiempo, a partir de los últimos años del siglo XX, la arquitectura de tierra ha sido objeto de estudio creciente no solo a nivel nacional sino también internacional. A la par de este creciente interés por estas estructuras históricas de tierra, y de alguna manera como consecuencia directa del mismo, aumenta también el número de proyectos de restauración llevados a cabo en edificios construidos en tapia. Se puede afirmar que a partir de la década de 1980, las intervenciones en arquitectura de tapia en toda la Península Ibérica fueron en aumento, por lo que estas actuaciones tienen también ya un cierto recorrido (Mileto, Vegas et al. 2012b).

1.2 Objetivos del estudio

Este trabajo se centra en el análisis de las intervenciones realizadas en edificios de tapia en España, financiadas por el Ministerio de Cultura, acotando este análisis en una zona muy concreta de estos muros de tierra, su coronación. Es fundamental entender la coronación como un elemento clave para la estabilidad del muro, ya que su buen estado de conservación es imprescindible para el estado de conservación general del mismo. Son los defectos en esta zona los que provocan, a corto y largo plazo, problemas estructurales y de estabilidad (infiltraciones de agua, desprendimientos de material…). Las intervenciones propuestas para resolver estos problemas son muy diversas, tanto por las técnicas como por los criterios de restauración aplicados, por lo que es interesante analizarlas detenidamente.

Es importante destacar que este trabajo se centra en el análisis de intervenciones financiadas con fondos públicos, en concreto, fondos del Ministerio de Cultura, por lo que los edificios en los que se interviene son edificios monumentales, quedando fuera del alcance de este estudio las intervenciones en construcciones vernáculas de tapia.

La documentación relativa a las intervenciones del patrimonio cultural español se encuentra recopilada en el archivo general de la institución creada en 1985 con el nombre de Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, que a partir del año 2008 ha pasado a denominarse Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE)[1]. Así pues, este trabajo de investigación se ha desarrollado a partir de una primera fase de vaciado y recopilación de los expedientes de proyectos de intervención en edificios históricos de tapia de este archivo general desde 1980 a 2011 y una segunda fase de revisión y análisis.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología empleada en esta investigación está basada en el análisis de los casos de estudio con un método cualitativo que se aplica a la información obtenida a través de una fuente directa, en este caso la documentación de proyectos de intervención recopilada en el archivo general del IPCE.

La investigación, así planteada, se desarrolla en tres fases fundamentales:

1. Recopilación de la información (a partir de la base de datos general del archivo del IPCE se elabora de un listado que recopile todos los expedientes de proyectos de intervención realizados en edificios de tapia durante el periodo estudiado).

2. Análisis de los casos, reflexión y puesta en común (análisis y evaluación de los casos de estudio a partir de la elaboración de una ficha que permita analizar de la forma más objetiva posible las técnicas de intervención y los criterios de actuación propuestos para intervenir en las coronaciones de los muros).

3. Extracción de conclusiones, producción de conocimiento y difusión (a partir del análisis de los casos de estudio se extraerán conclusiones, y la difusión de los resultados de la investigación pretende contribuir al conocimiento, para la puesta en valor y restauración de la arquitectura de tapia en España).

3. RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

El trabajo de recopilación de la información de archivo se ha realizado a partir del listado de la base de datos del Archivo General del IPCE. De esta base de datos se ha extraído el listado correspondiente a las obras de intervención del periodo 1980-2011, que forman un conjunto de 2.779 expedientes. Los datos proporcionados en este listado son los relativos al nombre del edificio, provincia, municipio, fecha y signatura. A partir de este listado se ha realizado una búsqueda caso por caso, para seleccionar únicamente aquellos edificios intervenidos que fueron construidos originalmente con la técnica constructiva de la tapia de tierra. De este análisis individualizado de cada edificio se ha obtenido un listado reducido compuesto por 108 registros, que son los que han formado nuestra base de datos.

Un primer análisis de la evolución temporal de estos expedientes muestra que, de la totalidad de expedientes del archivo en el periodo estudiado, aproximadamente un 73% (2.029 registros) pertenecen a los años 80, es decir, casi tres cuartas partes; el resto del conjunto lo forman 427 registros de los años 90 y 323 registros pertenecientes a los años 2000. Esta división temporal no uniforme se repite de forma muy similar (incluso más acusada) atendiendo únicamente a los casos de estudio, obteniendo 95 expedientes de intervención en la década de los 80 (aproximadamente el 88% del total), 7 expedientes en los años 90, y 6 registros en el periodo 2000-2011 (figura 1).

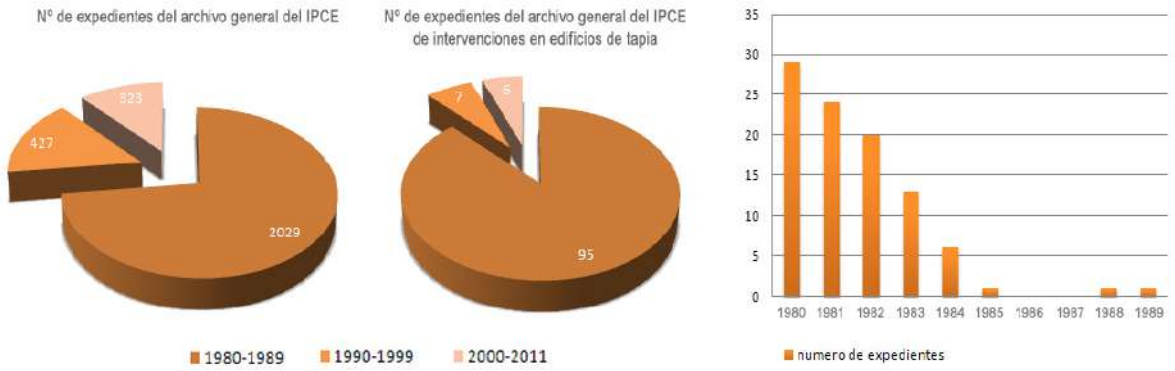


Figura 1. Gráficos de distribución temporal de los expedientes de intervención totales y analizados. Fuente: Datos recogidos del archivo del IPCE

Esta distribución temporal manifiesta que la gran mayoría de los expedientes del archivo corresponden al periodo de los años 80. Es en esta década cuando se produce el asentamiento del Ministerio de Cultura como estructura administrativa que regulariza todo lo relativo al patrimonio histórico-artístico y es a partir de este momento, cuando se irán cediendo atribuciones y competencias a las administraciones regionales, iniciándose así un proceso de descentralización.

El criterio de reparto de competencia es materia de patrimonio histórico viene establecido ya en la Constitución de 1978 pero será en la Ley de Patrimonio Histórico Español 16/1985 donde este traspaso competencial a las Comunidades Autónomas será más claro (Real Decreto 565/1985, de 24 de Abril). Con esta transferencia de competencias el presupuesto designado al IPCE disminuyó, a medida que las distintas comunidades fueron realizando sus propias inversiones en las diversas áreas de restauración.

Se debe entender que estos expedientes o registros son proyectos de intervención, por lo que pueden existir diversos proyectos o expedientes para un mismo edificio. Así pues, el número de edificios monumentales que se analizan es menor, obteniendo de un conjunto de 79 edificios. Este conjunto de edificios monumentales se distribuye por todo el territorio español, siendo las comunidades de Andalucía, Castilla y León, y la Comunidad Valenciana donde se encuentra un mayor número de edificios de tapia intervenidos. Siguen por orden las comunidades de Castilla La Mancha, Murcia, Madrid, Extremadura y Aragón. Esta

disposición geográfica de los casos de estudio refleja de forma bastante clara la distribución general de la arquitectura de tapia a nivel monumental en el territorio español.

Para el posterior análisis de las técnicas y criterios empleados en la coronación de los muros es fundamental diferenciar los edificios según su tipología constructiva, ya que de ella depende en muchos casos la intervención a realizar en la coronación. Por tanto, se puede agrupar los casos de estudio en tres grupos: arquitectura militar (castillos, alcazabas, torres, murallas…), que aproximadamente es un 48% de los edificios estudiados; arquitectura religiosa (conventos, iglesias…), con un 35,5%; y arquitectura civil (palacios, casas…) que forman el restante 16,5 % (figura 2).

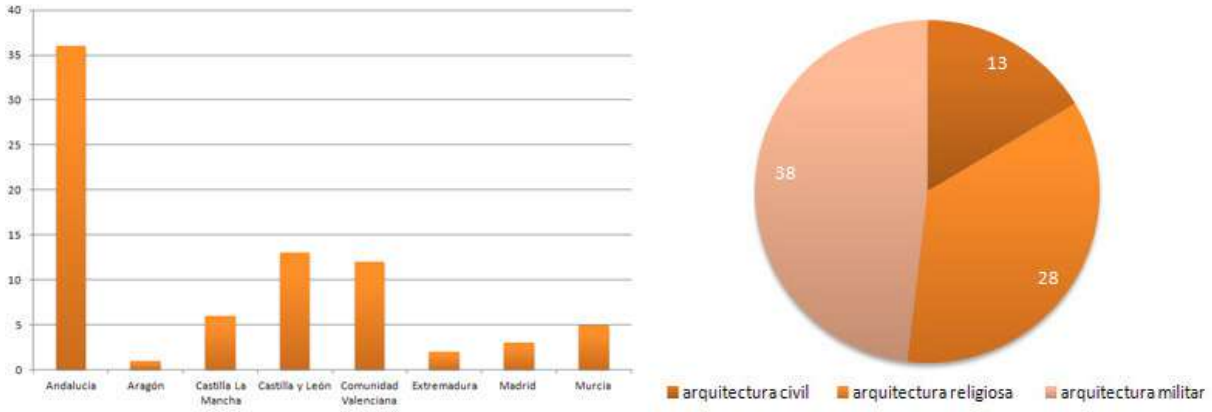


Figura 2. Esquemas de distribución geográfica y tipológica de los casos de estudio. Fuente: Datos recogidos del archivo del IPCE

4. ANÁLISIS DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Posteriormente a la realización de la fase inicial de recopilación de la información, la fase más amplia y compleja consiste en la realización del análisis de los casos de estudio. Para unificar y sistematizar esta tarea, se ha elaborado una base de datos en la que cada intervención se ha analizado siguiendo una ficha. Con ayuda de estas fichas y en base a diversos parámetros se pretende analizar de la forma más objetiva posible el proceso de restauración realizado en la coronación, tanto desde un punto de vista técnico como desde los criterios de restauración empleados.

La estructura de la ficha se divide en cuatro secciones diferentes: una primera parte de introducción al edificio, donde se describen los datos fundamentales del mismo (nombre, dirección, situación, imágenes…) así como la técnica constructiva del mismo atendiendo a las distintas variantes de la arquitectura de tapia (tapia de tierra, calicostrada, tapia mixta con ladrillo o con piedras…); una segunda parte de introducción a la intervención, que reúne los datos relativos a la misma como el número de expediente, autor, fecha, título de proyecto, así como algunas imágenes de la documentación gráfica del mismo; en la tercera parte de la ficha se describen las intervenciones realizadas en la coronación, dividiéndolas en diferentes grupos (no intervenido, nueva protección, reconstrucción de volúmenes parciales y totales…) y se recogen las citas textuales del proyecto donde se explica la intervención en esta zona de los muros; y una última parte de la ficha donde el objetivo es analizar los criterios de restauración seguidos en cada intervención. Para realizar este análisis de criterios de una forma lo más objetiva posible, se propone una tabla donde cada parámetro (de integración, de reversibilidad, de compatibilidad) se analiza de forma pormenorizada para identificar la aplicación de los principios generales de la restauración arquitectónica (Earl, 2003) (figura 3).

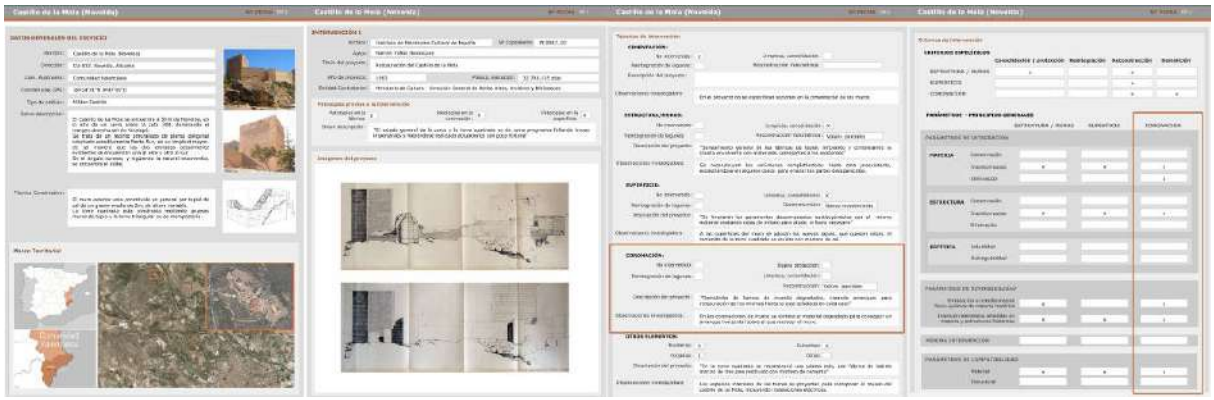


Figura 3. Ejemplo de ficha tipo elaborada para el desarrollo de la investigación. Fuente: Datos recogidos del archivo del IPCE

Posteriormente a la realización de las fichas (y en ocasiones también simultáneamente) se ha realizado un análisis de las intervenciones propuestas para las coronaciones. Para ello, es fundamental realizar este análisis desde dos grandes frentes, la arquitectura militar como un grupo y la arquitectura civil y religiosa como otro, de forma que cada uno de los grupos está formado por aproximadamente el 50% de los casos de estudio. Se analizan estos grupos de forma independiente ya que técnicas y los criterios de intervención responden generalmente a patologías o necesidades específicas que se derivan directamente de la tipología constructiva del edificio.

Es importante tener en cuenta que la gran mayoría de estos expedientes, por tratarse principalmente de proyectos de los años 80, no incorporan una memoria de proyecto muy extensa, al contrario, se trata de textos que incorporan una reseña histórica del edificio, pero que no suelen definir muy detalladamente las actuaciones propuestas[2]. Por ello en algunos casos, se tiene una descripción textual más o menos clara de la actuación y en otros se recurre a la documentación gráfica para poder extraer de ella conclusiones respecto a las técnicas y a los criterios de intervención.

El tratamiento de la coronación como un elemento fundamental del muro en algunas ocasiones se explicita textualmente en las memorias, como en la intervención de Ismael Guarner en la Muralla de Niebla (1980, expediente PI 0102_09 del archivo del IPCE) donde se expone *Tratamiento especial de la coronación y del encuentro con el terreno para su defensa contra la erosión (por agua, viento y vegetación)*.

4.1 Análisis de las técnicas constructivas y criterios de intervención propuestos en las actuaciones en coronación de los casos de estudio referentes a la arquitectura militar

En la arquitectura militar (principalmente en castillos y murallas) generalmente los muros no disponen de un elemento de atado superior, son elementos exentos que en numerosas ocasiones han perdido parte de su altura original porque se ha visto afectados por los agentes externos, que han ido produciendo la erosión de la coronación y el derrumbamiento progresivo del material, generando en la mayoría de los casos superficies en la coronación irregulares.

En la mayoría de los proyectos analizados se busca consolidar la coronación con la construcción de nuevas tapias, que protejan el material original. Un ejemplo es la intervención en el castillo de la Judería en Córdoba (1983) del arquitecto Carlos Luca de Tena y Alvear, donde *se trata de reconstruir un muro con el tratamiento y vertido del tapial que le haga conservar el carácter primitivo, con el tratamiento adecuado a los tapiales, y por otro lado proteger su zona superior en evitación de pérdidas de cota con respecto a su estructura primitiva* (expediente PI 0042_04 / 05 del archivo del IPCE).

Para la ejecución de estas tapias se propone la técnica constructiva tradicional, aunque generalmente el material empleado no es exactamente el mismo, y generalmente a la tierra (eventualmente con cal) se le añade cemento. Esto se debe en gran medida a la conciencia propia de la época, en la que se consideraba el cemento como un material moderno,

avanzado y que en cualquier caso mejoraría las prestaciones de la intervención. En muchos casos, el criterio es el de unificar cromáticamente las partes nuevas con las antiguas para que armonicen. Así Alberto Puig Álvarez en el Castillo de Tabernas en Almería, en su intervención de 1983 expone

> *Como quiera que las murallas de este castillo son de tapial, utilizaremos este mismo sistema constructivo sustituyendo la argamasa del tapial por mortero bastardo de cal y cemento con árido areno y tiñendo el mortero hasta obtener los mismos tonos del muro primitivo, encofrando y colocando mechinales con tablazón del mismo tamaño al que se puede adivinar por los restos de la muralla* (expediente PI 0009_02 del archivo del IPCE)*.*

De esta manera, se puede afirmar que las actuaciones son bastante uniformes en cuanto a la técnica constructiva empleada, pero serán los criterios de intervención los que irán variando según los casos. En algunas intervenciones se propone la reconstrucción de la coronación hasta el nivel original del muro. En ciertos casos esta actuación se propone sin reconstruir las almenas, como es el caso de la Muralla de Jorquera (1982), propuesta por Miguel Olmedo Benítez, en la que expone *en cuanto a las almenas, el criterio seguido es no reconstruir aquellas que están definitivamente desaparecidas, pero consolidar las existentes. La muralla será reconstruida en las zonas indicadas en su anchura original hasta la cota de base de las almenas* (expediente PI 0363_03 del archivo del IPCE). Este criterio se refleja también en la intervención de 1982 en el Castillo de Jumilla (Murcia), en la que Ignacio Mendaro Corsini define que

> *La presente actuación contempla la consolidación de los torreones […] así como el peralte de las murallas que los unen. La reconstrucción se concreta a peraltas (sin remates con almenas) a retocar huecos y socavones, a consolidar cimentación y a reconstruir murallas en las zonas en las que se han derruido. Se reconstruirá con tapial (hormigón de cal) en las zonas en las que así lo indique lo existente* (expediente PI 0926_07 del archivo del IPCE).

En cambio, en otros casos estas reconstrucciones en la coronación proponen la reconstrucción también de todo el almenado, como es el caso del Castillo de la Judería de Córdoba (1984) en el que el autor, Carlos Luca de Tena y Alvear, expone que "*se trata de una solución historicista que se considera adecuada para ella*" (expediente PI 0042_04 del archivo del IPCE).

En el proyecto de 1983 en el castillo de la Mola (Novelda), Ramón Valls Navascués expone

> *se pretende con este proyecto consolidar la ruina existente, ordenando los volúmenes actuales de tal manera que completándolos en las formas, cuya lectura se deduce de lo existente, no se altere sustancialmente el aspecto, ni el color, ni el carácter romántico y conocido de este tipo de construcciones, y de esta en particular*" (expediente PI 0987.02 del archivo del IPCE).

Se trata de un criterio en el que se busca completar los volúmenes del muro, sin llegar a reconstruir todo el lienzo hasta su cota original (figura 4).

Figura 4. Lienzo de la muralla exterior del castillo de la Mola (Novelda) con los volúmenes regularizados. Fuente: F. Vegas & C. Mileto

Otro criterio es el de eliminar las partes más degradadas de la coronación para obtener una base sobre la que asentar las tapias nuevas. Un ejemplo es la actuación en el Castillo de Yanguas en la que José Francisco Yusta Bonilla expone que

> *La recuperación de fábricas comienza, evidentemente, por la preparación de estas, para ello es preciso eliminar todos los elementos de riesgo mediante el desmontaje de material suelto o disgregado, la eliminación de añadidos y de la notoria vegetación de los remates superiores de muro de hasta 1,60 m de ancho, el desmontado en algunos casos de fábricas de mampostería y la preparación de muros exteriores por medio del picoteado de muros de cal y canto, para agarre de nuevos morteros" "la parte superior de los muros se regularizó y protegió mediante la recomposición de su nivel inicial. La regularización fue realizada con mortero de cal, sin distorsionar la diferencia de niveles existentes entre los diversos paños* (expediente PI 1109 del archivo del IPCE).

También se expone este criterio en la intervención en las Murallas de Mascarell (Castellón) (1981) donde Francisco Segarra Bel propone *saneamiento del muro tapial hasta encontrar una base sólida de trabajo* (expediente PI 1021_01 del archivo del IPCE).

Este repaso por los distintos expedientes muestra que a pesar de que la técnica constructiva empleada en las intervenciones es en la mayoría de los casos es muy similar, los criterios de intervención y reconstrucción son diferentes en cada caso, aunque se pueden agrupar en tres grandes grupos: un primer grupo en el que la construcción de la nueva coronación respeta los niveles que existen en el momento de la misma, un segundo grupo en el que la construcción de la coronación se realiza hasta la altura que se considera la original, y un tercer grupo de intervenciones en las que además se reconstruye el remate (almenado) (figura 5).

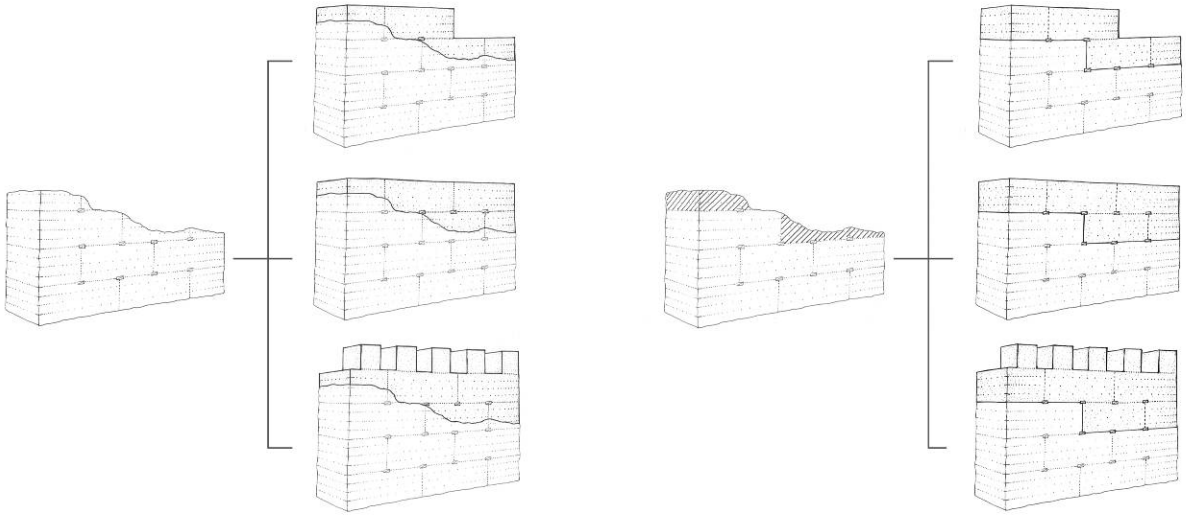


Figura 5. Croquis de las diferentes propuestas de actuación en coronación, elaborados a partir de la documentación recopilada del IPCE. Fuente: Dibujos elaborados por L. García

4.2 Análisis de las técnicas constructivas y criterios de intervención propuestos en las actuaciones en coronación de los casos de estudio referentes a la arquitectura civil y religiosa

En la arquitectura civil y religiosa las intervenciones en la coronación son distintas debido a dos factores fundamentales: la técnica constructiva original, ya que generalmente se trata de edificios realizados con muros de tapia mixta[3] y la existencia de cubiertas que apoyan directamente sobre las coronaciones de los muros. En el expediente de la intervención en el Palacio de Jabalquinto en Baeza (1980) el arquitecto Antonio Llopis Solves expone explícitamente *En cuanto al cuerpo alto del edificio en fachada principal, se trata de unos muros de ladrillo y tapial con grandes desplomes y grietas producidos por el empuje de las cubiertas en parte, y debilitación por las inclemencias del tiempo* (expediente PI 0114_01 del archivo del IPCE).

Para resolver estos problemas en las coronación de los muros, en estos proyectos se recurre de forma generalizada a la disposición de un zuncho perimetral de atado, que generalmente se realiza con los materiales modernos de la época, como el hormigón y el acero, ya que como se ha comentado anteriormente, en los años 80 se confía plenamente en las prestaciones de estos materiales.

Es posible extraer a modo de ejemplo algunas descripciones claras de estas intervenciones, como es la de Ramón Queiro Figueira en el Convento de la Madre de Dios en Sevilla (1980), donde *Se desmontará por tramos cortos ambos faldones, procediendo a continuación al zunchado perimetral a base de un potente perfil metálico que sirva además de durmiente de apoyo de la estructura metálica* (expediente PI 0183_02 del archivo del IPCE) o la intervención contemporánea en el claustro del Convento de Escalona en Toledo (intervención realizada en el año 1981) en la que se describe

> *Se ha llevado a cabo la consolidación de tres alas del claustro a nivel de cubierta, incluyendo el atado perimetral de las coronaciones, reposición de cubiertas y cornisas y sustitución de fábricas de tapial degradadas, así como una labor de parcheo y apeo general en diversos puntos especialmente afectados […] Se propone la sustitución de la actual estructura de madera dado su carácter ruinoso y su irrecuperabilidad, sustituyéndola por otra de formas metálicas indeformables apoyadas sobre zunchos de reparto que impidan la aparición de tensiones puntuales indeseables en las viejas fábricas de tapial. Las operaciones de cajeado de los muros se efectuarán a mano, sin intervención de medios mecánicos para evitar vibraciones de consecuencias imprevisibles. Los zunchos llevaran empotradas las correspondientes placas de anclaje para la fijación de las formas* (expediente PI 0427_03 del archivo del IPCE).

5. RESULTADOS PRELIMINARES Y CONCLUSIONES

Como se ha señalado al inicio del texto, es fundamental entender esta investigación como un fragmento concreto de una investigación más amplia que sigue en proceso de desarrollo. No obstante, es posible extraer algunos resultados preliminares y conclusiones. Es necesario destacar que pese a la voluntad inicial de abarcar un periodo de estudio más amplio, los expedientes que han formado parte de la muestra han sido principalmente proyectos de la primera mitad de los años 80, por lo que las conclusiones extraídas de los mismos deben enmarcarse en este periodo.

La principal conclusión que se puede extraer es la similitud entre las técnicas constructivas empleadas en cada uno de los grupos analizados. Se opta por la técnica de la tapia de tierra en los muros de la arquitectura militar y en cambio se proponen nuevos elementos con materiales modernos como el hormigón y el acero en los edificios civiles y religiosos.

Otro aspecto interesante a destacar es que debido a la contemporaneidad de los proyectos, los autores son conocedores de las técnicas que están proponiendo el resto de compañeros, y algunas intervenciones sirven directamente como modelo al resto. Es el caso de la intervención de Ismael Guarner en la Muralla de Niebla en Huelva iniciada en el año 1980. Además, se puede interpretar que la Dirección General de Patrimonio Artístico, Archivos y Museos del Ministerio de Cultura[4], como órgano contratante y supervisor de estos proyectos, de algún modo hace que estos tiendan hacia unos criterios similares, que serán en definitiva los criterios implícitamente establecidos por este organismo.

El recorrido a través de los expedientes del archivo del IPCE ha permitido conocer las intervenciones en la arquitectura de tapia propias de una época muy concreta, ahora esta investigación debe seguir avanzando, trabajando en otros archivos, para poder ir completándose y ampliándose.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AA.VV. (2011) *Terra Europae: Earthen architecture in the European Union*. Pisa: ETS.

Earl, J. (2003). *Building conservation philosophy*. Shaftesbury: Donhead.

Font, F.; Hidalgo P. (2011) La tapia en España. Técnicas Actuales Y Ejemplos. *Informes De La Construcción* Vol 63 (No 523), p. 21-34.

Mileto, C.; Fernando V.; Cristini, V.; García, L. (2012a) The restoration of rammed earth architecture in the Iberian Peninsula. Criteria, techniques, results and perspectives. *LEHM 2012 Conference, Weimar, Germany*.

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V.; García, L. (2012b) Restoration of rammed earth architecture in the Iberian Peninsula: ongoing research, en C. Mileto, F. Vegas, V. Cristini (ed.), *Rammed Earth Conservation*, CRC-Balkema / Taylor & Francis Group, Londres, p. 381-386

Notas

(1) El Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) es una Subdirección General adscrita a la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas, del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Su cometido es la investigación, conservación y restauración de los bienes que conforman el Patrimonio Cultural.

(2) La estructura de los proyectos que forman nuestra muestra, debido a que muchos de ellos son contemporáneos, suele ser muy similar. Generalmente estos proyectos se dividen en varias partes: la memoria, con dos apartados fundamentales: una descripción histórico-artística del monumento y un segundo apartado (en numerosas ocasiones mucho más breve) en el que se explican las obras que se proyectan; el presupuesto; el pliego de prescripciones técnicas; y la documentación gráfica. En algunos casos, la memoria del proyecto es un poco más amplia y recoge algunos apartados más como la descripción del sistema constructivo del edificio y el estado actual del mismo (previo a la intervención).

(3) “Tapia mixta: Son aquellas tapias que presentan en los paramentos verdugadas y cadenas de ladrillo o de piedra y la tierra compactada en el interior”. Principios de Construcción, p. 101. Editorial Club Universitario; Alicante 2010

(4) El Ministerio de Cultura, que fue creado en 1977, integró la Dirección General de Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, pero esta Dirección General pasará a llamarse de Bellas Artes, Archivos y Bibliotecas y a esta sea la que se le unirá la Subdirección de Inspección Técnica de Monumentos.

Currículo

Lidia García Soriano, Arquitecta y Becaria de Formación de Personal de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España. Su trabajo de investigación se enmarca en el proyecto de investigación “La restauración de la arquitectura de tapia en la Península Ibérica. Técnicas, resultados y perspectivas”.

Camilla Mileto y Fernando Vegas, Doctores arquitectos, profesores del Departamento de Composición Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia. Desarrollan su actividad profesional en torno al patrimonio y su actividad investigadora en torno a la historia de la arquitectura y a los criterios y las técnicas de restauración, con varias publicaciones relativas a estos temas. Por estos trabajos han recibido, entre otros, dos 1er Premio de la Unión Europea al Patrimonio Cultural (Europa Nostra 2004 y 2011), el Premio Concepción Arenal de Investigación 2005, una Medalla Europa Nostra 2008 y el Premio Internacional Domus Restauro e Conservazione 2012.

REGISTRO DE INMUEBLES PATRIMONIALES CONSTRUIDOS EN TIERRA CRUDA, EN CHILE (Resultado investigación tesis DEA, U. de Sevilla)

Lía Karmelic Visinteiner

Arias Aquitectos Asoc. y Surtierra Arquitectura, Santiago, Chile,
Tel. (+56) 227354996
l.karmelic@arias arquitectos.cl

Palabras claves: Patrimonio, Edificios construidos en Tierra, Estadísticas.

Resumen

Se presentarán los resultados estadísticos del estudio descriptivo que tiene por objetivo el registro de los inmuebles construidos en tierra cruda a partir del análisis documental sobre las fichas que forman parte del Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile (IPCICH), realizado por el Departamento de Patrimonio Arquitectónico perteneciente a la Dirección de Arquitectura (DA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Universo de estudio**.** Los datos para realizar el análisis fueron recogidos del IPCICH: archivo que cuenta con 6.994 fichas de edificaciones Patrimoniales, protegidas y no protegidas por las leyes vigentes en materia de protección patrimonial por Región. El IPCICH define un universo extenso y amplio del Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Chile, público y privado, además constituye un estudio único en el país.

Muestra. Se seleccionaron todas las fichas contenidas en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile, que contuvieran, en el campo materialidad predominante de muros, algún sistema constructivo de tierra. Ésta clasificación arrojó una cantidad de 2.849 fichas seleccionadas, que representan el 100% de la muestra. De esta muestra se obtuvieron los datos para realizar el estudio estadístico (aplicando una matriz de examen estadístico descriptivo).

Resultados. Los resultados (objeto de la presentación) se obtienen a partir del cruce de las siguientes variables: Sistemas constructivos, estado de conservación, época de construcción, área de ubicación, uso, tipo de propiedad, protección legal. Logrando resultados inesperados, inéditos en Chile (antes del terremoto de 2010), como por ejemplo que el 40,7 % de los inmuebles patrimoniales inventariados en el país están construidos con tierra cruda.

1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un registro de los inmuebles construidos en tierra cruda a partir del análisis documental de las fichas que forman parte del Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile, realizado por el Departamento de Patrimonio Arquitectónico perteneciente a la Dirección de Arquitectura (DA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

2. METODOLOGÍA

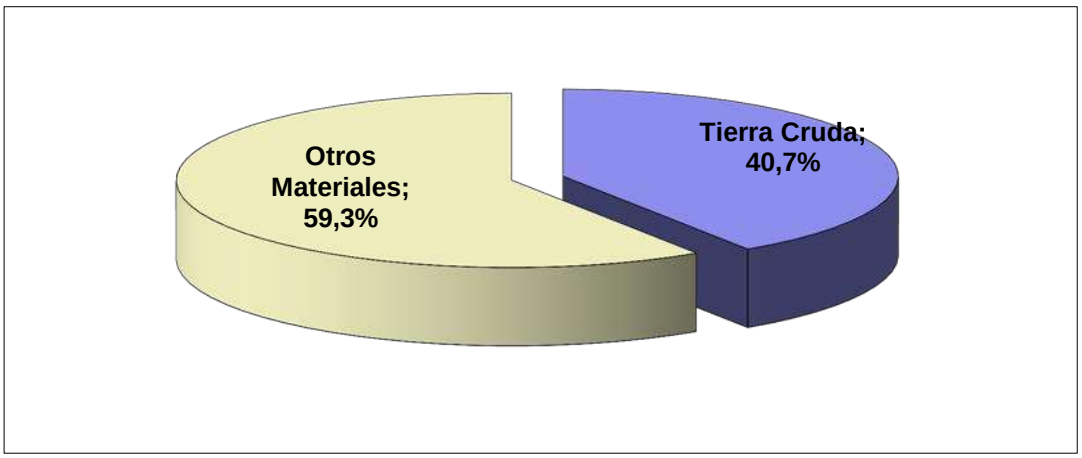
Se plantea un estudio de carácter mixto exploratorio, que utiliza la técnica de análisis documental para la recolección de datos obtenidos de las fichas contenidas en el Inventario de Patrimonio Cultural de Chile, que posteriormente son analizados aplicando una matriz de examen estadístico descriptivo. Se puede definir el análisis documental como la operación, o conjunto de operaciones, tendientes a representar el contenido de un documento bajo una forma diferente de la suya original a fin de facilitar su consulta o localización en un estudio ulterior (Abela, 2002). En este caso se utilizará dicha técnica para relacionar cuantitativamente los datos clasificados.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS[1]

I. Seleccionar y ponderar el patrimonio inmueble construido en tierra cruda, registrado en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile.

Del total de 6994 fichas que componen el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile, 2849 fichas corresponden a Inmuebles Patrimoniales construidos en algún sistema que utiliza tierra como material. Estos 2849 Inmuebles representan el 40,7% del total de Inmuebles Inventariados en todo el país. Estas 2849 fichas representan el universo de estudio (Gráfico 1).

Gráfico1. Porcentaje de edificaciones en tierra cruda en IPCCH-MOP



II. Determinar cuáles son las regiones (según distribución política) en las que se ubica la mayor cantidad de inmuebles patrimoniales de tierra, y cuáles son las que poseen menor cantidad de este.

Las regiones que concentran la **mayor cantidad de inmuebles** de tierra cruda son:

- la V Región con 753 Inmuebles que representan un 26,4% del total de fichas de la muestra
- la I Región con 461 Inmuebles, que representan un 16,2% del total de fichas de la muestra
- la IV Región con 367 Inmuebles, que representan un 12,9% del total de fichas de la muestra
- la Región Metropolitana con 359 Inmuebles, que representan un 12,6% del total de fichas de la muestra
- la VII Región con 290 Inmuebles, que representan un 10,2% del total de fichas de la muestra
- la VI Región con 278 Inmuebles, que representan un 9,8% del total de fichas de la muestra
- la III Región con 192 inmuebles, que representan un 6% del total de fichas de la muestra

❖ Los Inmuebles de estas 7 Regiones sumadas representan el 94,8% del total de la selección Inmuebles Patrimoniales de Tierra.

❖ Existen 7 regiones en las que el porcentaje de Inmuebles construidos en tierra cruda supera el 50 **%** del total del Patrimonio Inventariado de la región, estas son:

- en la RM representa un 91,7 %
- en la I Región representa un 82,6%
- en la VI Región representa un 73,9%

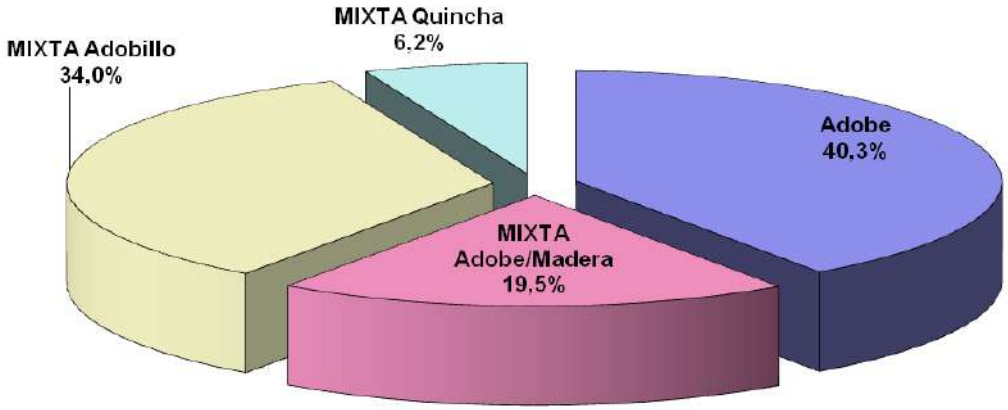
- en la III Región representa un 69,8 %
- en la VII Región representa un 66,1%
- en la V Región representa un 59,6%
- en la IV Región representa un 54%

III. Clasificar las técnicas constructivas presentes en el Inventario

En la selección de inmuebles patrimoniales construidos con tierra cruda presentes en el IPCICH, distinguimos once técnicas constructivas distintas. Cinco de estas once técnicas no son significativas en cuanto a su magnitud (tierra, tapial, piedra/tierra, mixta adobe/metal y H.A/adobe), ya que al sumar el N° de inmuebles en las que se utilizan, representan el 1,5% del total de la muestra.

- Hay 2 técnicas de significativa relevancia en lo que respecta a la cantidad de inmuebles construidos con ellas. Estas son adobe/piedra y adobe albañilería, representan un 2,9% y 3,1% respectivamente del total de la muestra.
- Las técnicas más significativas en cuanto a su magnitud y por lo tanto las más utilizadas son:
    - adobe con 1019 inmuebles construidos con este sistema que representan un 40,3% del total de la muestra.
    - mixta adobillo con 903 inmuebles construidos con este sistema que representan un 34,0% del total de la muestra.
    - mixta adobe/madera con 498 inmuebles construidos con este sistema que representan un 19,5% del total de la muestra.
    - mixta quincha con 498 inmuebles construidos con este sistema que representan un 6,2% del total de la muestra.

Gráfico 2. Técnicas más utilizadas presentes en el inventario



IV. Agrupar las técnicas constructivas mixtas y ponderarlas respecto de las otras técnicas de tierra.

Se agruparon los sistemas constructivos antes mencionados en dos categorías con el fin de distinguir los sistemas constructivos de carácter mixto[2], los que no son Mixtos se agrupan en la categoría Otros sistemas.

- Los sistemas mixtos representan el 56,9% de la muestra con 1621 inmuebles construidos en alguno de estos sistemas.
- La categoría otros sistemas representa el 43,1% de la muestra con 1228 inmuebles.

Existen 6 regiones en las que el porcentaje de Inmuebles construidos en Sistemas Mixtos supera el 50 % del total de la muestra de cada región, estas son: II, IV, V, I, II y VII Región.

Existen 5 Regiones que al sumar el número de Inmuebles Construidos con Sistemas Mixtos, representan el 91% del total de Inmuebles Construidos en Sistemas Mixtos presentes en la muestra (V, I, VI, II RM)

V. Relacionar las técnicas constructivas en tierra cruda más utilizadas, con la época de construcción de los inmuebles inventariados.

De acuerdo sistema constructivo se describieron los períodos en que se construyeron más inmuebles en cada sistema dentro del total de la muestra. A continuación se ordenan en forma decreciente los períodos constructivos y su incidencia para cada sistema constructivo:

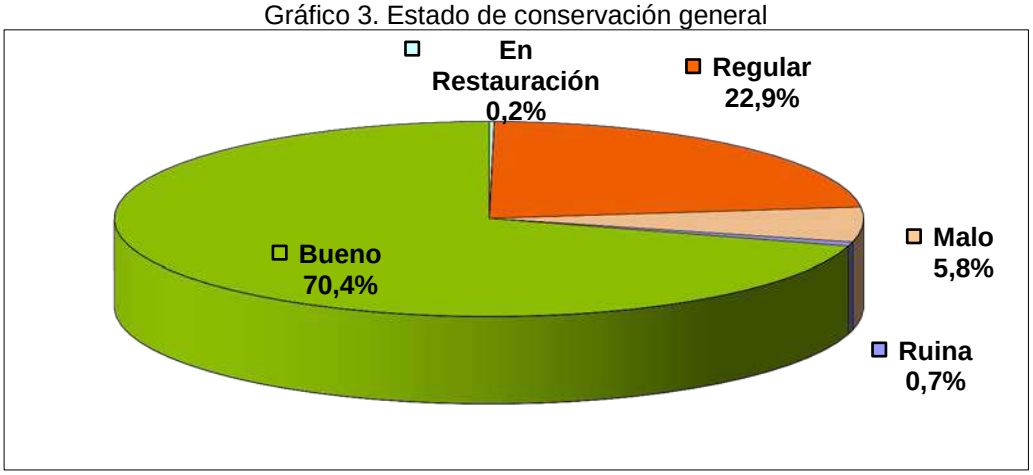
- Adobe :
    - Entre 1800 y 1900 se construyó el 67,5% de los inmuebles
    - Entre 1900 y 1930 se construyó el 19,6% de los inmuebles
    - Antes de 1700 se construyó el 7,3% de los inmuebles
    - Entre 1700 y 1800 se construyó el 3,5% de los inmuebles
    - Desde 1931 en adelante se construyó el 2,2%
- Mixta adobillo:
    - Entre 1800 y 1900 se construyó el 60,6% de los inmuebles
    - Entre 1900 y 1930 se construyó el 36,5% de los inmuebles
    - Desde 1931 en adelante se construyó el 2,8% de los inmuebles
    - Entre 1700 y 1800 se construyó el 0,1% de los inmuebles
    - Antes de 1700 no se construyó ni un inmueble
- Mixta adobe/madera :
    - Entre 1800 y 1900 se construyó el 71,8% de los Inmuebles
    - Entre 1900 y 1930 se construyó el 14,8% de los Inmuebles
    - Entre 1700 y 1800 se construyó el 9,7% de los Inmuebles
    - Desde 1931 en adelante se construyó el 2,9%
    - Antes de 1700 se construyó el 5,1% de los Inmuebles
- Mixta quincha:
    - Entre 1900 y 1930 se construyó el 50,6% de los Inmuebles
    - Entre 1800 y 1900 se construyó el 27,9% de los Inmuebles
    - Desde 1931 en adelante se construyó el 18,8% de los Inmuebles
    - Entre 1700 y 1800 se construyó el 1,9% de los Inmuebles
    - Antes de 1700 se construyó el 0,6% de los Inmuebles

Época Construcción	Adobe	Mixta			Total general
		adobe/madera	adobillo	quincha	
Antes de 1700	93,6%	5,1%	0,0%	1,3%	100%
1700-1800	40,7%	54,7%	1,2%	3,5%	100%
1800-1900	42,9%	22,0%	32,4%	2,7%	100%
1900-1930	30,0%	11,0%	47,1%	11,9%	100%
1931 adelante	24,7%	15,7%	27,0%	32,6%	100%
Total	**40,3%**	**19,5%**	**34,0%**	**6,2%**	**100%**

Época Construcción	Adobe	Mixta			Total general
		adobe/madera	adobillo	quincha	
Antes de 1700	7,3%	0,8%	0,0%	0,6%	3,1%
1700-1800	3,5%	9,7%	0,1%	1,9%	3,5%
1800-1900	67,5%	71,8%	60,6%	27,9%	63,5%
1900-1930	19,6%	14,8%	36,5%	50,6%	26,3%
1931 adelante	2,2%	2,9%	2,8%	18,8%	3,6%
Total	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**

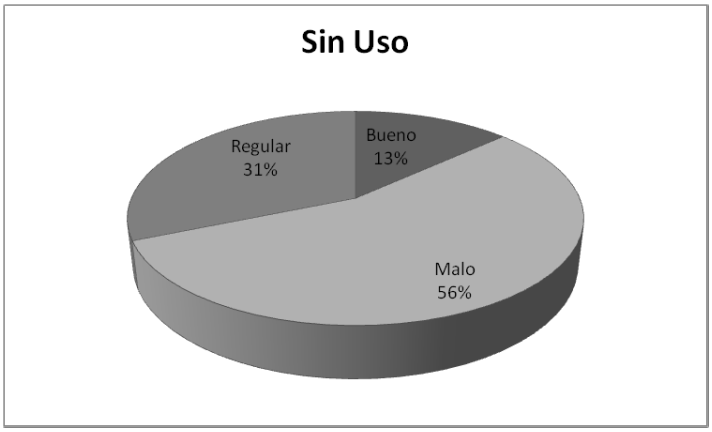
VI. Clasificar los inmuebles de tierra cruda pertenecientes al inventario, según la información existente acerca del estado de conservación de su estructura.

Gráfico 3. Estado de conservación general



a. Relacionar la variable sin uso con el estado de conservación de la estructura del inmueble.

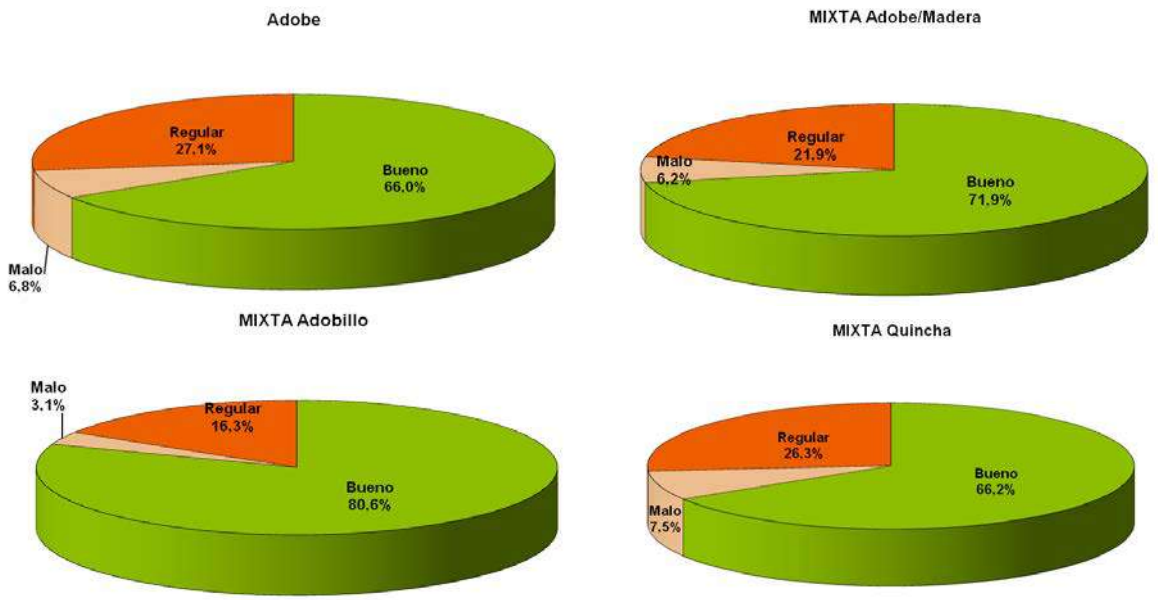
Gráfico 4. Estado de conservación de inmuebles sin uso



El 56% de los inmuebles sin uso se encuentra en mal estado, 13% en buen estado.

b. Relacionar las técnicas constructivas más utilizadas con el estado de conservación del inmueble.

Gráfico 5. Estado de conservación por técnicas constructivas



VII. Clasificar los inmuebles construidos en tierra cruda de carácter Urbano y Rural presentes en el inventario y relacionar esta variable con las distintas técnicas constructivas.

Del total de la muestra (2849 Inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda presentes en el IPCICH el 65,8%, que corresponde a la cantidad de 1876 Inmuebles se ubica en áreas urbana, el 34,2% restante, conformado por 973 inmuebles se ubica áreas rurales.

- Al relacionar esta variable con los distintos sistemas constructivos, arroja el siguiente resultado:
  - Adobe: Urbano 50,9 % Rural 49,1 %
  - Mixta adobillo: Urbano 97,6% Rural 2,4%
  - Mixta quincha: Urbano 89,7% Rural 10,3%
  - Mixta adobe madeira: Urbano 43% Rural 57%

VIII. Clasificar los inmuebles construidos en tierra cruda según el uso que se indica en el inventario relacionado con el estado de conservación en que se encuentran.

En la selección de inmuebles patrimoniales construidos con tierra cruda presentes en el IPCICH, distinguimos 4 tipos de usos que clasificamos de acuerdo a la magnitud que representan dentro de la muestra en orden decreciente:

- Uso residencial, representa un 59% con 1666 inmuebles
- Uso comunitario, representa un21% con 594 inmuebles
- Uso privado, representa un 16% con 455 inmuebles
- Sin uso, representa un 4% de la muestra con 128 Inmuebles

- Distribución porcentual del estado de edificación de los inmuebles patrimoniales en las 4 categorías de uso:
  - Uso Residencial:
    - 73% en Buen estado de edificación
    - 23% en Regular estado de edificación
    - 4% en Mal estado de edificación

- Uso Comunitario :
  - 77% en Buen estado de Edificación
  - 19% en Regular estado de edificación
  - 3% en Mal estado de edificación
- Uso Privado :
  - 68% en Buen estado de Edificación
  - 25% en Regular estado de edificación
  - 6% en Mal estado de edificación
- Sin Uso :
  - 13% en Buen estado de Edificación
  - 31% en Regular estado de edificación
- 55% en Mal estado de edificación

❖ Distribución porcentual uso en los totales por estado de edificación:

- Estado de edificación Bueno :
  - 61% Uso Residencial
  - 23% Uso Comunitario
  - 15% Uso Privado
  - 1% Sin Uso
- Estado de edificación Regular :
  - 58% Uso Residencial
  - 18% Uso Comunitario
  - 18% Uso Privado
  - 6% Sin Uso
- Estado de edificación Malo :
  - 39% Sin Uso
  - 35% Uso Residencial
  - 16% Uso Privado
  - 10% Uso Comunitario

IX. Clasificar los inmuebles construidos en tierra que forman parte del inventario amparados por las leyes vigentes de protección patrimonial.

Del total de la muestra (2849 Inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda presentes en el IPCICH) se agrupan de acuerdo al tipo de protección patrimonial, de la siguiente manera:

- el 72,5% conformado por 2065 inmuebles, se encuentra sin protección legal
- el 12,1% conformado por 346 inmuebles, se encuentra amparado bajo la Ley 17.288 en la categoría de Zona Típica
- el 9,2% conformado por 261 inmuebles, se encuentra protegido por Unesco como Patrimonio de la Humanidad
- el 6,2% conformado por 176 Inmuebles, se encuentra amparado bajo la Ley 17.288 en la categoría de Monumento Histórico
- el 100% de los inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda (261 inmuebles) protegido por Unesco como Patrimonio de la Humanidad se encuentran en la V región.
- En todas las regiones el Patrimonio Sin Protección supera el 50%
- Los Inmuebles Patrimoniales construidos en tierra cruda que se encuentran amparados bajo la Ley 17.288 en la categoría de Monumento Histórico(se distribuyen regionalmente de la siguiente manera:
    - II Región con 41 inmuebles representa el 23%
    - I Región con 26 inmuebles representa el 15%
    - Región Metropolitana con 26 inmuebles representa el 15%
    - V Región con 25 inmuebles representa el 14%
    - III Región con 20 inmuebles representa el 11%
    - IV Región con 15 representa el 9%
    - VI Región con 11 inmuebles representa el 6%
    - VII Región con 7 inmuebles representa el 4%
    - VIII Región con 4 inmuebles representa el 1%
    - IX Región con 1 inmuebles representa el 1%
- Los Inmuebles Patrimoniales construidos en tierra cruda que se encuentran amparados bajo la Ley 17.288 en la categoría de Zona Típica se distribuyen regionalmente de la siguiente manera:
    - IV Región con 124 inmuebles representa el 36%
    - I Región con 89 inmuebles representa el 26%
    - VII Región con 69 inmuebles representa el 20%
    - V Región con 48 inmuebles representa el 14%
    - Región Metropolitana con 7 inmuebles representa el 2%
    - II Región con 6 inmuebles representa el 2%
    - VI Región con 3 inmuebles representa el 1%

X. Clasificar los inmuebles construidos en tierra que forman parte del inventario según el tipo de propiedad de ellos.

Del total de la muestra (2849 inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda presentes en el IPCICH) se agrupan de acuerdo al tipo de propiedad, de la siguiente manera:

- el 79,6% conformado por 2148 Inmuebles, es de propiedad privada

- ❖ el 11,4% conformado por 308 Inmuebles, es de propiedad privada, pero pertenece a organizaciones o entidades sin fines de lucro
- ❖ el 9,0% conformado por 242 Inmuebles, es de propiedad pública

XI. Seleccionar los inmuebles construidos en tierra cruda de propiedad pública o propiedad privada sin fines de lucro, los que son susceptibles de ser restaurados (Monumentos Históricos o Zonas Típicas) o declarados como Monumento Histórico a través del Programa de Puesta en Valor Patrimonial (con crédito BID) del Ministerio de Obras Públicas.

Del total de la muestra (2849 inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda presentes en el IPCICH) 159 Inmuebles tienen la categoría de Monumento Histórico, ésta cifra representa el 22% del total de Monumentos Históricos presentes en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile (727 MH), de ellos:

- el 43% conformado por 68 inmuebles, es de propiedad privada
- el 31% conformado por 50 inmuebles, es de propiedad pública
- el 43% conformado por 41 inmuebles, es de propiedad privada, pero pertenece a organizaciones o entidades sin fines de lucro

- ❖ Del Total nacional existen 4 regiones que concentran la mayor cantidad de Monumentos Históricos (MH), estas son:
  - o II Región concentra el 25% del total nacional con 40 MH
  - o Región Metropolitana concentra el 16% del total nacional con 26 MH
  - o V Región concentra el 16% del total nacional con 25 MH
  - o III Región concentra el 13% del total nacional con 20 MH
- ❖ El porcentaje regional respecto del total nacional en cuanto a la cantidad de Monumentos Históricos (MH) construidos con tierra cruda, de propiedad pública, privada y privada sin fines de lucro, es el siguiente:
  - I Región
    - o Concentra el 8% (4 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - o Concentra el 3% (2 inmuebles) de MH de propiedad privada
    - o Concentra el 10% (4 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro
  - II Región
    - o Concentra el 30% (15 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - o Concentra el 37% (25 inmuebles) de MH de propiedad privada
    - o Concentra el 0% e MH de propiedad privada sin fines de lucro
  - III Región
    - o Concentra el 4% (2 inmuebles) de MH de propiedad pública
    - o Concentra el 21% (14 inmuebles) de MH de propiedad privada
    - o Concentra el 10% (4 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro
  - IV Región
    - o Concentra el 4% (2 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - o Concentra el 4% (3 inmuebles) de MH de propiedad privada

    - Concentra el 24% (10 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro
- V Región
    - Concentra el 10% (5 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - Concentra el 16% (11 inmuebles) de MH de propiedad privada
    - Concentra el 22% (9 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro
- VI Región
    - Concentra el 16% (8 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - Concentra el 0% de MH de propiedad privada
    - Concentra el 7% (3 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro
- VII Región
    - Concentra el 8% (4 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - Concentra el 0% de MH de propiedad privada
    - Concentra el 7% (3 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro
- VIII Región
    - Concentra el 6% (3 inmuebles)de MH de propiedad pública
    - Concentra el 2%(1 inmueble) de MH de propiedad privada
    - Concentra el 0% de MH de propiedad privada sin fines de lucro
- IX Región
    - Concentra el 0% de MH de propiedad pública
    - Concentra el 2%(1 inmueble) de MH de propiedad privada
    - Concentra el 0% de MH de propiedad privada sin fines de lucro
- Región Metropolitana
    - Concentra el 7% (14 inmuebles) de MH de propiedad pública
    - Concentra el 16%(11 inmueble) de MH de propiedad privada
    - Concentra el 20% (8 inmuebles) de MH de propiedad privada sin fines de lucro

4. CONCLUSIONES

El único antecedente que existía (antes de este estudio) en cuanto a la magnitud del patrimonio construido en tierra cruda en Chile es la estimación del Departamento de Patrimonio Arquitectónico (DA-MOP) quienes, en un análisis muy poco exhaustivo (sin efectuar la revisión del total de las fichas), concluyen que el patrimonio en tierra no supera el 3,29% del patrimonio total inventariado. Esta cifra podría guardar relación con los datos obtenidos en el Censo Nacional de Vivienda y Población efectuado el año 2002[3], en el que se constata que el 3,6% de las viviendas del total nacional son de adobe (los otros sistemas en tierra cruda no se especifican, por lo tanto pueden estar dentro de esta categoría o haber quedado en la categoría Otros Materiales, lo que aumentaría este porcentaje); estos resultados podrían ser inexactos producto de que es el propio habitante y no un experto quien define la materialidad del inmueble. La revisión refleja una gran cantidad de viviendas

que aparentan ser de otros materiales; por ejemplo albañilería, sin embargo, un análisis más profundo muestra que muchas de estas construcciones fueron realizadas en tierra incluso durante el Movimiento Moderno.

El estudio muestra que el Patrimonio en tierra, hasta el momento de su realización en el año 2009, no ha sido ponderado en su real magnitud por los organismos que intervienen y tutelan el patrimonio nacional.

Se observa que la cantidad de estos inmuebles va decreciendo hacia el territorio sur de nuestro país, donde aumenta progresivamente los meses de lluvia y la humedad ambiental (recordemos que la I Región es la que se ubica más al norte y la XII en el extremo sur) constatándose que la construcción en tierra está más extendida en las regiones de clima templado con estación seca de 4 a 5 meses como mínimo. En este contexto llama la atención que la Regiones II y III no estén entre las que aparecen con las primeras mayorías en cuanto a la cantidad de patrimonio en tierra; aún más, la II Región tiene en su patrimonio inventariado sólo un 26 % de Inmuebles de Tierra cruda, siendo el adobe y otros sistemas de tierra, característicos del norte grande aun para la construcción de hoy en día, ya que resuelve la regulación de temperatura en zonas de alta oscilación térmica (20 grados de diferencia entre día y noche) como son el desierto de Atacama y el altiplano. Prueba de ello es la situación que conforman las Iglesias de Tarapacá, un conjunto de 140 iglesias construidas en su mayoría en el siglo XVII, de las cuales, nueve han sido declaradas Monumento Histórico el año 2008 – sin embargo sólo dos están catalogadas en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile - donde cada una de las 140 se ubica en un poblado o caserío de similares características constructivas. En la II región también se encuentra San Pedro de Atacama, poblado construido en tierra (como la mayoría de los poblados del desierto) que se encuentra en la lista tentativa para postular ante Unesco como Patrimonio de la Humanidad, además es la región con mayor cantidad de inmuebles patrimoniales construidos con tierra cruda protegidos bajo la categoría de Monumento Histórico. Si tomamos en consideración que los inmuebles patrimoniales que conforman el Inventario, fueron seleccionados por consultores encargados por la Dirección de Arquitectura de cada región, éstas cifras hacen pensar que en esta región del norte grande con una importante presencia de culturas indígenas, el habitante, representado por los consultores que hicieron el catastro, no está valorando el patrimonio construido que es su hábitat cotidiano. Se podría inferir la necesidad de “poner en valor” el patrimonio de esta región.

Por el contrario, las regiones con más Inmuebles Inventariados son la X con 1600 y la V con 1263; en ambas regiones han existido campañas informativas importantes para postular ante Unesco como Patrimonio de la Humanidad, las Iglesias de Chiloé en la X Región (16 iglesias de madera, nominadas en diciembre del año 2000, 14 de ellas y 2 más en junio del 2001) y Valparaíso en la V Región nominada Patrimonio de la Humanidad en julio de 2003 (Consejo de Monumentos Nacionales). La X Región tiene 0% de Inmuebles de Tierra ya que en esa zona de mucha lluvia y de gran presencia marítima donde se construye principalmente en madera. En la V Región el 59,6 % que representa el patrimonio en tierra, proviene principalmente de la ciudad puerto de Valparaíso y de los pueblos de la zona cordillerana como Putaendo, Los Andes y San Felipe.

Recordemos que en la RM no está Inventariado el gran Santiago donde se encuentran tres grandes comunas centrales (Ñuñoa, Santiago Centro y Estación Central) con barrios antiguos y constituidos, que representan parte de la identidad capitalina como son el Barrio Brasil, el Barrio Poniente y el Barrio Matta, construidos en su mayoría con tierra cruda. Estos barrios están siendo altamente presionados por la especulación inmobiliaria, quizás esta sea una de las razones por las cuales el gran Santiago no está incorporado en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile; otra razón podría ser la extensión de la ciudad que resulta difícil de abarcar. La realización de un Inventario en el Gran Santiago es un trabajo pendiente de extrema urgencia.

Hemos descrito las técnicas tradicionales más utilizadas en Chile y vemos cómo éstas se presentan también en el inventario como las más utilizadas. El adobe es la más difundida,

seguida del adobillo que es un híbrido entre la quincha y el adobe, con características constructivas más sistematizadas que la quincha. Como tercera mayoría está el adobe combinado con madera, que es la forma en que se sigue construyendo con adobe en la actualidad. Y por último como la cuarta técnica más utilizada se encuentra la tradicional quincha. Las otras técnicas que se encontraron en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile, que no representan un número relevante, son en general técnicas que estructuralmente son más débiles, como la mampostería de piedra ligada y estucada con barro, o el tapial, que han sido menos difundidas por su vulnerabilidad sísmica.

En este tenor, se observa como los sistemas o técnicas mixtos representan el 57% de la muestra, lo que podría representar que han sido incorporados criterios de construcción antisísmica en las construcciones tradicionales chilenas. De hecho, al analizar la relación entre los sistemas constructivos y los períodos de data de los Inmuebles, se puede observar un proceso paulatino de incorporación de los sistemas mixtos, a través de los tiempos, aun cuando el adobe es utilizado en todos los períodos.

Observamos cómo en el período de mayor construcción en tierra 1800-1900 se construyó principalmente en adobe y adobillo, este último sistema parece haber surgido en dicho período, siendo además el más utilizado en la primera parte del siglo XX y el segundo más utilizado luego de la quincha en el período desde 1931 en adelante.

Los sistemas mixtos, el adobillo y la quincha, parecen ser los sistemas más utilizados después de la Independencia y en el período Republicano, períodos en los que se consolidaron las ciudades, situación que queda evidenciada por el alto porcentaje de inmuebles ubicados en zona urbana que presentan estos dos sistemas, un 97,6 % el adobillo y un 89,7 % la quincha. Estos sistemas tienen una fuerte presencia en las Regiones V y I, presencia que se debe principalmente a los inmuebles que conforman las ciudades puerto de Valparaíso e Iquique, que fueron construidas principalmente con el sistema adobillo, el que permitió una conformación urbana de hasta cuatro pisos, en variados estilos importados desde Europa (con una fuerte influencia Inglesa en el caso de Iquique).

Esta influencia estilística europea es posible encontrarla en varios de los sistemas constructivos en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile (IPCI), como se puede observar en el afrancesado castillo del Fundo Las Majadas de Pirque[4], edificación de tres niveles construida con adobe (es muy probable que tenga presencia estructural de madera y no esté expresada en la ficha).

Otro resultado importante que arroja esta investigación es el derribar el mito de que la edificación con tierra es típica del campo, o sea es eminentemente rural; al menos en lo que respecta a la edificación patrimonial de tierra cruda presente en el IPCICH, el 65,8% de ésta se ubica en áreas urbanas, aun cuando, como ya se ha dicho anteriormente, falta la información de la ciudad más grande de Chile. Éste dato cobra particular relevancia al enfrentarnos a los criterios que considera el programa de Puesta en Valor Patrimonial con crédito BID (2007), principalmente por el criterio económico y el potencial de desarrollo que pueden generar[5].

Otro mito que se derriba con este estudio es el que se usa constantemente para botar un edificio antiguo para construir en su lugar uno nuevo: la construcción patrimonial con tierra cruda está en mal estado. Constatamos que el 70,4% de los 2849 inmuebles que componen la muestra, presenta su estructura en buen estado de conservación; sólo el 5.8% está en mal estado de conservación y apenas el 0,7% está en ruinas, lo que nos deja un 22,9 en estado regular con grandes posibilidades de ser restaurado.

Figura 1. Fundo Las Majadas de Pirque, extraída de la ficha del Inmueble que forma parte del Inventario de Patrimonio cultural Inmueble de Chile

Partiendo de la hipótesis, que se deduce del marco teórico, que la mantención cumple un rol fundamental en los edificios de tierra, se decide separar los inmuebles sin uso, suponiendo que allí encontraríamos la mayor cantidad de edificaciones en mal estado. Sin embargo, la cantidad de Inmuebles "sin uso" es menor que la cantidad de Inmuebles en mal estado de conservación y Ruina. Hay 164 inmuebles en mal estado de edificación (5,8% del total de la muestra). Hay también 128 inmuebles "sin uso" de los cuales el 56% se encuentro en mal estado de edificación, que corresponden a 71 inmuebles de los 164 en mal estado de edificación, lo que representa sólo el 43 % de éstos. Como es imposible deducir el grado de mantención de las edificaciones con los datos presentes en las fichas, él único indicador que podíamos relacionar con carencia de mantenimiento era el número de inmuebles pertenecientes a la categoría "sin uso" y el resultado no es del todo concluyente. Sin embargo se presentan distribuciones porcentuales muy similares dentro de los distintos usos; en todos ellos, salvo en los "sin uso", el porcentaje de edificaciones en "buen estado" de conservación está alrededor del 70%.

Siguiendo con el estado de conservación de la edificación, sí son más concluyentes los resultados en cuanto a la relación entre las técnicas o sistemas constructivos y el estado de edificación general de estos. El sistema mixto adobillo parece ser el que tiene mejor pervivencia, ya que tiene el menor porcentaje de edificaciones en "mal estado" y el mayor porcentaje de edificaciones en "buen estado".

En cuanto al uso de los inmuebles patrimoniales construidos con tierra cruda, el uso mayoritario es el residencial con un 60%, sin embargo existe un número importante de estos que presentan un uso comunitario, es decir, son escuelas, hospitales, hogares de niños y ancianos, Museos, Municipalidades, sedes de organizaciones comunitarias, etc. Este hecho implica que esos edificios son utilizados por muchas personas al mismo tiempo, lo que implica un cuidado especial en cuanto a la mantención y revisión de sus estructuras, y por otro lado pone de manifiesto la vigencia de dichas edificaciones en la actualidad, y el potencial de identificación social que ellas tienen.

El patrimonio en tierra cruda se encuentra en su mayoría sin protección legal (72,5% del IPCI según resultado arrojado en esta investigación), situación que lo hace muy vulnerable frente a la especulación inmobiliaria imperante en las ciudades y sus alrededores. Esta situación podría ser mejorada mediante el Programa de Puesta en valor Patrimonial que

propicia las declaratorias de Monumento Histórico a los inmuebles patrimoniales de propiedad estatal y promueve y financia la compra de inmuebles por parte del estado para dichos efectos (BID, 2007).

Del presente estudio también se obtuvieron, como resultado, listas con la individualización de los Inmuebles Patrimoniales que pueden ser objeto de restauración o declaratoria mediante el sistema de Puesta en Valor Patrimonial. Estas listas pueden ser de mucha utilidad para las Direcciones de Arquitectura Regionales a la hora de formar sus carteras de proyectos para ser presentadas al Gobierno Central, ya que contienen la información básica de cada inmueble, pudiendo realizar un diagnóstico general con ella, así como comparar entre los distintos inmuebles y establecer prioridades En resumen el patrimonio en tierra cruda en Chile:

- Es significativo en su magnitud (40,7% del IPCI).
- Tiene presencia en toda la zona Norte y Central de Chile (I a VII Región).
- Se encuentra en buen estado de conservación.
- Está vigente socialmente en lo que respecta al uso que se da a las edificaciones (sólo un 4% se encuentra sin uso).
    - Mayoritariamente corresponde a viviendas e inmuebles de propiedad privada.
- Ha sido construido durante toda la historia de Chile y existen inmuebles que son testimonio de ello.
- Tiene una importante presencia urbana.
- Ha sido construido principalmente en adobe y en sistemas constructivos mixtos, estos últimos más utilizados en la construcción urbana
- Conforma el 22% de la lista de Monumentos Históricos presentes en el Inventario de Patrimonio Cultural Inmueble de Chile.
- Se encuentra desprotegido legalmente en un 72,5%.

Es importante recalcar que este estudio se realizó el año 2009, estas conclusiones salieron a la vista luego del último terremoto de febrero de 2010. La zona afectada además de muy extensa fue la que congrega mayor cantidad de población y gran cantidad de localidades y pueblos construidos en tierra, donde hoy se concentran los mayores esfuerzos por reconstruir y restaurar las viviendas que los conforman (en su mayoría). Hoy en día parecen información conocida y obvia para los chilenos, sin embargo, hasta el terremoto era inimaginable para la mayoría de las personas, incluyendo a los expertos en patrimonio del mundo privado y de los organismos estatales**.**

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Abela, J.A. (2002). *Las técnicas de análisis de contenido: Una revisión actualizada.* Disponible en: http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf

Banco Interamericano de Desarrollo. (2007). *Chile. Programa de puesta en valor del patrimonio (CH-L1032). Propuesta de préstamo.* Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

Consejo de Monumentos Nacionales. (s.f.). *http://www.monumentos.cl/OpenDocs/asp/pagDefault.asp?boton=Doc52&argInstanciaId=52&argCarpetaId=203&argTreeNodosAbiertos=(203)&argTreeNodoActual=203&argTreeNodoSel=203.* Recuperado el 18 de Marzo de 2009, de CMN, Monumentos: http://www.monumentos.cl

Notas

[1] Cada resultado responde a un objetivo específico, estos no fueron enunciados en el texto luego del objetivo general por no abultar el documento, sí están expresados con números romanos. Es importante mencionar que se han resumido los resultados para efectos de esta presentación y que existen gráficos en cada uno de las variables estudiadas.

[2] Según definición de variables: "cuando la estructura es de tierra y otro material, en donde ambos funcionan estructuralmente unidos"

[3] INE, Base de Datos Censo 2002

[4] Ficha PI-004 Región Metropolitana

[5] Estos activos cuentan con un valor que se origina en el potencial económico y social que tienen de generar un flujo de servicios o de recursos una vez puestos en uso. Algunos activos tienen valor de uso inmobiliario al tener potencial de acoger actividades productivas, de servicios o de servir de sede a servicios públicos. Este es el caso de inmuebles patrimoniales ubicados en áreas urbanas centrales.

Currículo

Lía Kármelic, Arquitecta Universidad de Chile, Candidata a Doctora en Arquitectura y Patrimonio Cultural ambienta Universidad Central de Chile-Universidad de Sevilla. Socia del estudio de arquitectura Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura.

RASTROS Y ROSTROS DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN BOGOTÁ-COLOMBIA. Oficios de construcción del siglo XVI al XIX

Cecilia López Pérez

Facultad de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá, Colombia
Carrera 7 No. 40-62. Edificio 18
lopez.c@javeriana.edu.co

Palabras claves: Oficios, artesanos, arquitectura de tierra

Resumen

Durante la época de la Colonia y la República el oficio era entendido como aquel trabajo que se alcanzaba mediante el aprendizaje con un maestro mayor y cuya elaboración era artesanal. Para obtener la condición de maestro era necesario previamente ser aprendiz, de manera que luego, se pudiera tener taller propio.

Los diferentes oficios se encontraban regidos por ordenanzas de obligado cumplimiento, que eran otorgados por los cabildos o representantes de la corona. Dentro de estos gremios había jerarquías y divisiones a las que pertenecían generalmente hombres que ocupaban una posición medianera entre los terratenientes, mineros, comerciantes, clero y los sirvientes, esclavos y mendigos. No se permitía ejercer un oficio, sin estar examinado y aprobado por el maestro y el gremio. Dentro de los gremios estaban excluidos los pintores; sin embargo, estos se regían por las normas generales de artesanos y ya para el siglo XVI existía en la Nueva Granada un reglamento para los oficios y su enseñanza.

Las labores de construcción de arquitectura en tierra en Bogotá-Colombia se desarrollaron con el aporte que realizaban los diferentes oficios. Los alarifes apoyados en maestros daban vida a la arquitectura civil, militar, doméstica y religiosa. Los primeros maestros eran españoles ya que debían demostrar “limpieza de sangre”(1), pero contaban con ayudantes indígenas y negros. Eran gente sencilla que dependía enteramente de la habilidad de sus manos para trabajar los materiales bien fuera piedra, madera, metal o tierra.

En Colombia, hasta mediados del siglo XIX, las construcciones se realizaban en tierra ya fuera en adobe, tapia o bahareque. Para el desarrollo de las edificaciones había oficios que eran propios de la etapa de construcción y otros de etapas posteriores a su realización. En la etapa de construcción se encontraban los adoberos, canteros, herreros, aguadores, aparejadores, carpinteros, cordoneros, empajadores, estereros, tejeros, hojalateros, caleros y yeseros.

Una vez que la construcción era habitada era necesario el apoyo de otros oficios, como talladores, ceramistas, loceros, doradores, plateros, alfareros, barnizadores, blanqueadores, cereros, ebanistas, retableros, caldereros y escoberos entre otros, todos ellos indispensables para la preservación de la construcción, el desarrollo de la vida cotidiana y el confort de sus habitantes.

El presente artículo muestra las actividades que cada oficio desarrolló, su organización a nivel jerárquico dentro de Bogotá, sus características, los oficios que permanecen, los desaparecidos y su contribución al avance de la arquitectura en tierra en Colombia.

1. ARQUITECTURA DE TIERRA

De acuerdo al reporte del Ministerio de Cultura colombiano se considera que el 80% de nuestros centros urbanos se encuentran construidos con tierra. Los indígenas construían con el bahareque y con la llegada de los ibéricos se emplearon nuevas técnicas (adobe y tapia) que dieron lugar a construcciones de mayor envergadura y complejidad.

Para realizar estas obras, se requería que los constructores tuvieran un mayor grado de conocimiento de las técnicas y el material. La comprensión del comportamiento de la tierra se desarrolló a base de experimentación a escala real, basados en la prueba y el error hasta encontrar las características particulares para la construcción, de forma que respondiera adecuadamente ante un evento sísmico.

Esta forma de determinar el comportamiento de la tierra requería años de estudio, construcción, observación y mejoramiento de la técnica que se trasfería de forma oral, probando las posibilidades y limitaciones que podría llegar a tener el material. Muchas de estas características de diseño se transmitían de padres a hijos llamándolo "secretos del oficio", dándole gran valor a esos años de conocimiento y experimentación empírica. Este tipo de transferencia no se limitaba al desarrollo del sistema constructivo, sino a todas las otras artes requeridas para darle finalización y acabado a la obra.

Por ello, uno de los valores intrínsecos de estas construcciones es que ellas, en sí mismas, se convierten en documentos que nos permiten determinar las características de trabajo, materiales, técnicas, sistemas constructivos y los oficios que intervinieron para su construcción.

En Colombia, hasta mediados del siglo XIX, las construcciones se realizaban en tierra cruda por alarifes apoyados en maestros, oficiales y aprendices que daban vida a la arquitectura civil, militar, doméstica y religiosa. A partir de 1860 las técnicas y materiales de construcción de origen extranjero e industrializado empezaron a desplazar la técnica de construcción en tierra produciéndose un cambio importante dentro de la arquitectura colombiana (López, 2009, p.21)

2. OFICIOS Y ARTESANOS

2.1 Origen

Durante la época de la Colonia y la República en la Nueva Granada (actual Colombia) el oficio era entendido como aquel trabajo que se realizaba mediante el aprendizaje con un maestro mayor y cuya elaboración dependía de la habilidad del artesano para trabajar el material. (Mayor, 2003, p.28)

En el siglo XV, para los españoles resultaba deshonroso vivir de los oficios (Portilla, 2009, p. 4 a 6) por lo que en América buscaron ser reconocidos como "hidalgos notorios" y mantenerse alejados de los "denigrantes" trabajos manuales para alcanzar la condición de nobleza. (Martínez, 1997, p.6-15)

Sin embargo, los primeros maestros en la Nueva Granada, fueron españoles ya que debían demostrar "limpieza de sangre"(1) para pertenecer a los gremios; pero contaban con ayudantes indígenas y negros. Una vez los criollos aprendieron las técnicas de los ibéricos se produjo una hibridación entre las técnicas españolas y los elementos culturales propios de nuestro territorio.

La primera evidencia de la llegada de artesanos a Colombia, se encuentra en la expedición del español Alonso Luis de Lugo en 1540, con él venían carpinteros, albañiles y un tejero. (Martínez, 1997, p. 6-15) Antes de la independencia recibían el nombre de "el pueblo bajo, la plebe, la canalla" y se denominaban "oficios viles", ya que se consideraba que los artesanos eran incapaces de obtener por méritos propios puestos honoríficos o de distinción (Santander, 2006, p.72-78).

Ya para el siglo XVI y XVII, quienes trabajaban y ejercían las labores de artesanos usualmente eran blancos y mestizos. Los negros y mulatos se desempeñaban en labores de carpintería, mecánica de trapiches, sastrería, peluquería, zapatería, comercio ambulante de comestibles, administración doméstica y dirección de cuadrillas (Jaramillo, 1968, p.19). Los indígenas tuvieron su participación como jornaleros y talladores de madera (Barney, 2010, p.77). A partir del siglo XVIII con la abolición de la esclavitud, el oficio de artesano lo ejercían indistintamente blancos, mestizos, negros o mulatos.

2.2 Normas

En la Nueva Granada, los oficios se encontraban regidos por normas de obligado cumplimiento, que eran otorgados por los cabildos o representantes de la corona. En 1777, el virrey Manuel Antonio Flórez dictó las primeras normas para reglamentar los gremios de

artesanos. Dentro de estos gremios había jerarquías y divisiones a las que pertenecían generalmente hombres, que ocupaban una posición medianera entre los terratenientes, mineros, comerciantes, clero y los sirvientes, esclavos y mendigos (Barney Cabrera, 2010, p. 71).

No se permitía ejercer un oficio, sin estar examinado, aprobado por el maestro y el gremio. Para obtener la condición de maestro era necesario previamente ser aprendiz o realizar un noviciado; luego del examen se obtenía el título de maestro mayor, que lo autorizaba no sólo a abrir un taller, sino a impartir instrucción a aprendices.

Era usual que el título de maestro se obtuviera por herencia, de forma que una familia era reconocida por tener como su trabajo cotidiano un determinado oficio. Un maestro tenía a su cargo uno o dos oficiales, oficiales de menor rango y varios aprendices los cuales debían contar con el permiso de sus padres para aprender el oficio (Mayor Mora, 2003, p.28). Este modelo rigió hasta el siglo XVIII. Ya para el siglo XIX, el trabajo de artesano se regía por las nuevas disposiciones establecidas para asalariados o empleados.

2.3 Gremios

Desde la edad media, los gremios reunían a los artesanos que ejercían un mismo arte y se agrupaban en cerca de cien diferentes asociaciones (Martínez, 1997, p.6-15). Durante la Colonia, en la Nueva Granada, se agrupaban los diferentes oficios bajo el nombre de cofradías y afiliaciones de tipo religioso. Dentro de los gremios estaban excluidos los pintores; sin embargo, estos se regían por las normas generales de artesanos (Barney Cabrera, 2010, p.69-82).

El ejercicio del oficio requería no sólo dedicación sino honradez. Cuando llegaba a presentarse alguna diferencia o “se aficionaban a lo ajeno” el oidor corregía a través de azotes en público al artesano, aplicando la premisa de: “Quien tal hizo que tal pague”. Entre veinticinco a doscientos azotes recibía el artesano dependiendo si faltaba a los reglamentos de policía, de aseo, de ornato y de salubridad. Esto mantenía las buenas costumbres y moralidad entre el gremio (Santander, 2006, p.72-78).

El Virrey Flórez insistía en la importancia del aseo personal mandado calzar y vestir a sus discípulos o aprendices con ropas adecuadas como sayos, anguarinas y casacas en vez de ruanas y gorros, considerando que el desaseo contribuía al desprecio de los artesanos por parte del resto de la población (Mayor Mora, 2003, p.139).

Una vez que se produjo la independencia, se estableció la libertad de trabajo y empresa, y con ella el artesanado libre que entró a competir con el mercado internacional. Para 1825 surgieron los reclamos de protección gubernamental y veintiocho años después de la independencia, en 1838, ya se había formado la primera sociedad de artesanos llamada: Sociedad Democrática Republicana de Artesanos y Labradores.

Para 1849, existían dos sociedades. La primera llamada, Sociedad Democrática de Artesanos, la cual tenía como fin “promover por todos los medios posibles, lícitos y legales el adelantamiento de las artes y de cualesquiera otros ramos que se crean necesarios para el progreso bienestar de sus miembros y de la gran sociedad en general”. La segunda, era la Sociedad Popular de Instrucción Mutua y Fraternidad Cristiana”, auspiciada por el partido conservador que tenía por objeto “la instrucción mutua y la moralidad de sus miembros y el ejercicio entre ellos de la fraternidad cristiana” (Gutierrez, 1995, p.64).

Como aprendices, desde la colonia y hasta entrado el siglo XIX, era usual que estos trabajos los ejercieran niños de institutos o asilos de niños desamparados, como el de Bogotá, que aún operaba en 1886, en donde se enseñaba a los niños a tornear el hierro y soldar (Gutierrez, 1995, p.139).

Por otra parte, la labor del artesano era pagada en especie hasta finales del siglo XVIII, por lo que limitaba una mayor amplitud de intercambios y de relaciones con otras regiones. En 1775, el Gobernador de Antioquia, Francisco Silvestre comentaba:

[…] concurre a él (el atraso) otro daño, nacido asimismo de la falta de moneda, y de una costumbre muy arraigada, que tiene atrasada la industria, las artes, y oficios, y que han introducido otros males en lo moral y en lo físico. Es este al que al albañil, al carpintero, al herrero, al jornalero, al platero, y a todo otro oficial, o menesteral, no se les paga de ordinario sino en géneros….el género se da por el más alto precio. Para reducirse a oro, necesita perder a lo menos la mitad; o si es para propio uso, les cuesta un cincuenta por ciento más caro, que si lo comprase a un fiado […] (Mayor Mora, 2003, p.100)

Para el siglo XIX, ya se registraba una retribución económica en moneda para los artesanos, como lo muestra la tabla 1; lo que permitió la adquisición de herramientas y máquinas básicas de apoyo al oficio.

Tabla 1. Salarios para el año 1892

Oficio	Valor
Herrería	0,5 a 0,6/día
Carpintería aprendiz	0,15 a 0,20/día
Oficial	0,20 a 0,50/día
Albañilería muchacho	0,20/día
Peón	0,60/día
Oficial	1,20 a 3,0/día
Maestro	4,0/día

Fuente: Beltrán Beltrán, 2002, p.116

2.4 Características de los artesanos

Los artesanos y gremios **t**enían una forma particular de vestirse y por la cual se distinguían, Rafael Eliseo Santander (2006, p.26) los describe así:

[…] de formas abultadas, rostro lleno, barba enteramente rapada, el cabello recogido atrás, sujeto en apretada trenza, camisa con cuello desmedido y prolongada gola, enorme chaleco a la Luis XV, gran chaquetón de cuero de venado curtido (y recurtido por el uso), calzón corto con su botonadura de muletilla a la rodilla, y la charnela a veces, media blanca aborlonada, y zapato de oreja recogida por una hebilla de plata; si a todo esto se añadía la capa magna de paño azul o blanco, y el sombrero chato de vicuña, no había que dudarlo, este personaje era un maestro mayor*, con voz y voto en el gremio y cofradía, taller abierto para recibir discípulos, y perito nato en todo avalúo judicial[…]*

En cuanto a los oficiales menciona:

[…] consistía en chaquetón y calzones tirando a zaragüelles, como los que se han descrito ya, gruesas botas de lana azul, las competentes alpargatas, sombrerón de lana pardo, gran ruana guasqueña, y el indispensable pañuelo rabo de gallo atado en la cabeza […]

Los oficiales de menor rango y aprendices se vestían de forma similar, pero con atuendos más sencillos. Los trajes también permitían determinar el oficio al que pertenecían: el sastre vestía de forma pulcra y aseada, el zapatero con alguna prenda de cuero, el herrero llevaría su delantal de cuero matizado, el albañil o embarrador iría enlodado y el pintor o encalador con sus ropas salpicadas de pintura o cal.

2.5 Lugar de trabajo

En cuanto a su lugar de trabajo, básicamente era una enramada de paredes abiertas en donde se encontraban las herramientas, enseres y muebles necesarios para desarrollar su labor (figura 1). Junto a ella se encontraba su vivienda de características muy sencillas, conformada por: salón de recibo que servía de comedor y oratorio. La mesa era habilitada como altar, comedor y lugar para planchar. Adicionalmente había una alcoba, con cama, en donde descansaba el artesano con su señora. Los niños, empleados y animales dormían en esteras (Santander et al, 2006, p.32).

Figura 1. (a) Chircales de San Cristóbal. Acuarela de J.M. Zamora; (b) Fabrica de tejas, tomado de 75 años de Fotografía

2.6 Localización en Bogotá

Los artesanos y constructores usualmente se ubicaron extramuros de las ciudades y villas. En Bogotá, se localizaron en la parte oriental de la ciudad, al pie de Monserrate y Guadalupe, (cerros tutelares de la ciudad) sobre la cordillera central. Los cuales se han caracterizado por tener una capa arcillosa de variada profundidad. Sobre esta capa vegetal crecían los bosques de "Chircas" (vocablo indígena), que eran arbustos delgados de no más 2.5 m de altura pero de gran poder calorífico (Martinez, 1983, p.64-65) (figura 2)

Con la arcilla se producían los adobes y con la chirca extraída de estas canteras se establecieron tejares (Mejia, 1998, p.58-60). Hacia el norte de la ciudad sobre esta misma cordillera, se extraía la madera, piedra y cal (el sector deriva su nombre "La calera" por esta explotación del material).

Los metales eran traídos de explotaciones fuera de la ciudad ubicándose sobre el costado occidental, en un sector en donde se agruparon los plateros, herreros, artesanos de forja y latoneros. Se debe aclarar que el platero en la Nueva Granada trabajaba no sólo la plata sino el oro. Se diferenciaban nombrándose "plateros de oro", "plateros de plata", "platero de masonería", los "oribes o uribes" y los batihojas cuyas actividades eran diferentes entre sí como lo muestra la tabla 2.

Tabla 2. Actividades de los plateros en la Nueva Granada

OFICIO	ACTIVIDAD
Platero de oro	Trabajo de oro
Platero de plata	Trabajo de la plata
Platero de masonería	Trabajo de cincelar la plata, producción de hilos de oro y plata para la joyería y los bordados
Oribes o uribes	Especialistas en trabajo de oro, joyero
Batihoja	Laminación de oro y plata para recubrimiento de altares, columnas, imágenes y tabernáculos

Fuente: Fajardo; López; Munera, 1990.

Moisés de la Rosa menciona en su libro "Calles de Santa Fé de Bogotá", la existencia de la calle de los plateros, (actual calle 12, entre carreras 7 y 6) a la vuelta de la anterior se encontraba la calle de los herreros (calle 12, con carrera 6), de los chircales (calle 22, con carrera 7) y del estero (calle 14, carrera 3).

En la colonia, las carpinterías se ubicaron también al pie de Monserrate y Guadalupe cercanas a las explotaciones de arcilla y madera; sin embargo, en el siglo XVIII se trasladaron sobre el costado occidental de la ciudad, por ser el lugar de entrada, comercio y abastecimiento de la ciudad.

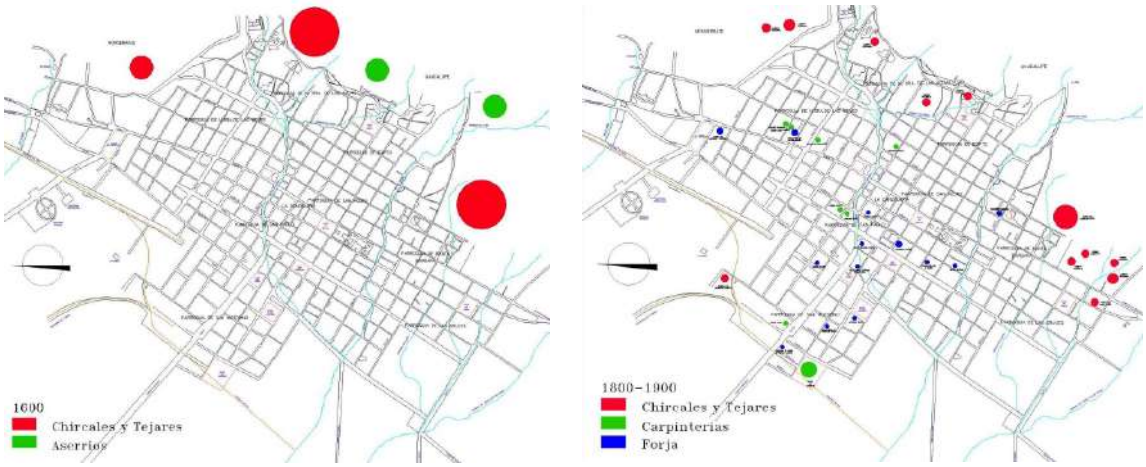


Figura 2. (a) Localización de los artesanos en la ciudad de Bogotá en 1600
(b) Localización de los artesanos desde 1880 hasta 1900
Fuente: Basado en Atlas histórico de Bogotá, 1538 a 1910

En el censo de 1866, se registró la presencia 39 diferentes artesanos relacionados con la construcción: armeros/cerrajeros/herreros; ebanistas/doradores, estañadores, fundidores, grabadores en metal o madera y latoneros. Se extraña que dentro de este censo no aparecen registrados albañiles, alfareros, aserradores, canteros, hojalateros, pintores, doradores/talla de cobre, ornamentadores y empapeladores. (Mejia, 1998, p.58-60)

3. OFICIOS EN LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Para los constructores en tierra era menester apoyarse en diversos oficios, antes de entregar las obras a sus nuevos moradores, en donde cada cual tenía una habilidad particular que lo hacía necesario dentro el desarrollo de la edificación.

Algunos oficios y artesanos eran propios de la etapa de construcción y otros de etapas posteriores a su realización, como se observa la tabla 3.

Tabla 3. Oficios durante y post construcción

Oficios durante la construcción	Oficios postconstrucciòn
Adobero,aguador, alarife,albañil,aparejador, blanqueador,calero, cantero,carpintero,cordonero, encañizador,embarrador, empajador,empapelador, esterero,herrero,jornalero,tapiero, tejero y yesero	Afilador, alfarero, barnizador, batiojas, blanqueador, calderero, cestero, cerero, deshollinador, dorador, ebanista, enfardador, fontanero, escobero, platero, pulpero, retablero, todero, tallador

Fuente: Autora

3.1 Tipos de oficios

Para el adecuado funcionamiento de las edificaciones en tierra se requerían diversos oficios en las etapas de construcción y postconstrucción.

3.1.1. Construcción

En la etapa de construcción se encontraban los siguientes oficios y artesanos (2):

- Adobero: Quien construía bloques de tierra cocida por el sol mezclada con fibras vegetales.
- Aguador o aguadero: Quien tenía por oficio llevar el agua a las casas y la suministraba tanto para el proceso de construcción, como para quienes la construían.

- Alarife: Era el maestro señalado y aprobado públicamente para reconocer, apreciar y dirigir las obras propias de la construcción; así mismo, seleccionaba los oficiales de construcción en obras mayores
- Albañil: Artífice que labraba o fabricaba casas sirviéndose solamente de materiales menudos como cal, yeso, barro, ladrillo, teja y ripio en obras menores.
- Aparejador: Era el individuo calificado para preparar, disponer materiales, señalar las formas de ejecutar las trabas o aparejos, particularmente las hechas con piedra. (Mancho Duque, 2011)
- Batiojas: oficio en el cual se adelgazaba el oro o la plata hasta obtener láminas, hojillas o pan de oro (Colcultura, 1991, p.119) que el dorador instalaba o pegaba sobre la madera. Llamado también tirador.
- Blanqueador o enlucidor: Quien daba el acabado final o pintura de acabado a la construcción.
- Calero: Persona encargada de la explotación de la cal, quema y apagado para su aplicación en la construcción.
- Cantero: Aquel que buscaba las piedras, las cortaba y las conducía por su cuenta a la obra. Luego, las labraba y ajustaba para su uso en las edificaciones.
- Carpintero: El que trabajaba, labraba madera para edificios y otras obras caseras. A veces cumplía también la función de aserrador.
- Cordonero: El que tenía por oficio elaborar los cordones. En la construcción se hacían los de *cuan*, con los que se amarraba la estructura de cubierta
- Dorador o dorador al agua: Era el encargado de cubrir de oro la madera de forma que pareciera hecho con este metal. Se podía realizar de tres maneras: Mate, con láminas o en polvo. En la primera se colocaba primero una capa de yeso que luego se encolaba y sobre ella se aplicada el oro. Con las láminas, se podía construir a fuego hasta obtener la forma de acuerdo al molde de madera y en la última sobre la base de madera se encolaba y colocaba el oro en polvo.
- Encañizador: Era quien disponía y ordenaba las cañas que formaban el “cañizo” en la cubierta, sobre el que se colocaba la teja de barro
- Embarrador: Era aquel que embarraba y encofraba con barro las paredes, de modo que las dejaba listas para ser pintadas. Equivalente al actual pañetador.
- Empajador: El que colocaba la paja como acabado final de una cubierta
- Empapelador: Quien instalaba como acabado final a un muro papel de colgadura
- Esterero: Era quien elaboraba las esteras. Éstas eran piezas cosidas de esparto, juncos o palma. Las tejía, cosía, vendía y extendía en el suelo cubriendo el piso totalmente.
- Herrero o Forjador: Era el artífice de labrar y pulir el hierro. De construir botones, clavos, aldabas, candados, cerraduras, fallebas, pasadores y trancas para las construcciones.
- Jornalero: Quien trabajaba por día de trabajo y colaboraba en oficios varios en la construcción
- Repujador: Quien trabajaba la lámina metálica de forma artística con golpes de martillo, sobre todo en platería, colocando la lámina sobre un relieve de madera y dándole forma al metal. Igualmente lo realizaba en cuero trabajando con instrumentos metálicos en caliente (Colcultura, 1991, p.120).

- Tapiero: Quien construía con tierra cruda compactada entre dos formaletas de madera
- Tejero: Era quien hacía y fabricaba las tejas de barro, bien sobre molde de madera o el muslo de la pierna.
- Yesero: Encargado de la explotación del yeso para su aplicación en los muros internos de la edificación.

3.1.2 Postconstrucción

Una vez que la construcción era habitada era indispensable el apoyo de otros oficios, requeridos para la preservación de la construcción, el desarrollo de la vida cotidiana y el confort de sus habitantes.

- Afilador de cuchillos: Quien tenía por oficio afilar cuchillos y tijeras.
- Alfarero o alfaharero: Voz arábiga que indicaba la persona que fabricaba objetos o cosas de barro, especialmente los empleados en las labores domésticas y de cocina.
- Barnizador: Era el encargado de cubrir o bañar con barniz. El barniz era el líquido compuesto de gomas y agua cocido a fuego lento, o al sol, para bañar o dar lustre y esplendor a la madera, pintura o el hierro.
- Blanqueador: Encargado de mantener los muros de la edificación en buenas condiciones. Debía en forma regular repasar con cal o veladura las paredes.
- Calderero: Encargado de abastecer las casas de calderos, sartenes, barriles y vasos de cobre. Eran considerados como gitanos o vagabundos porque no tenían tienda establecida
- Cestero: Encargado de proveer los cestos hechos con juncos, esparto o palma empleados en la casa.
- Cerero/velero: Era quien proveía y labraba la cera, o tenía tienda para venderla. En casas o haciendas de gran tamaño existía el cerero mayor quien era el jefe de la casa real encargado de la cera y velas. Adicionalmente, cuidaba de abastecer la casa con la cera necesaria para mantener iluminadas en las noches las construcciones.
- Deshollinador: encargado de limpiar las chimeneas de desahogo de las estufas de leña o carbón. Igualmente, era el encargado de realizar el cambio de la tubería de hojalata que estuviera en mal estado.
- Ebanista: El término viene de ébano. Era quien fabricaba y hacia obras de madera embutidas de ébano, marfil y otras maderas preciosas en escritorios, aparadores, bargueños, arcones, biombos, arcas, baúles, arquimesas, solios, etc. Este arte se conoce también como taracea
- Estañador: Era quien se dedicaba a la producción de aleaciones como zinc, plomo y estaño; comúnmente denominado peltre muy usado en objetos domésticos
- Fontanero: El maestro o artífice que hacia fuentes artificiales, reparando, encañando, conduciendo y cuidando las aguas.
- Escobero: Quien se encargaba de la construcción de escobas con ramas de abedul, sorgo, millo o diente de león con las cuales se barrían las casas.
- Leñador/carbonero: Aquel quien proveía de leña y después el carbón a la vivienda para sus actividades domésticas.
- Platero: Encargado de construir y comercializar objetos de plata y metales finos para ocasiones especiales.
- Pulpero: Era el proveedor de comestibles y abarrotes

- Retablero: Era quien ornamentaba un altar en forma arquitectónica, escultórica y pictórica en los oratorios.
- Tallador: Era quien esculpía o labraba en lámina o madera, dando formas en relieve.

3.2 Relaciones por actividades

Igual que en algunos procesos de construcción actual, existían oficios que participaban durante toda la ejecución de la obra como el aguador, pero otros sólo en algunas actividades del proceso constructivo como el cantero, carpintero u adobero. En la tabla 4, se muestran algunos ejemplos de cómo era la sucesión de oficios en una actividad.

Tabla 4. Oficios y actividades en la construcción

ACTIVIDADES	ACABADO FINAL	OFICIOS REQUERIDOS
Previas a la construcción		Adobero-Elaboración de adobes Calero-Apagado de la cal Carpintero-Selección corte, secado y transporte de la madera Encañizador- Selección corte y secado de la cañas y obtención cuero de amarre Cordonero-Construcción de los cordones y trenzas de cuan (fibra vegetal) que servirían de amarre en las construcciones. Alarife- Diseño, contratación y selección de equipo de trabajo.
Muros	Blanqueado	Adobero/tapiero-albañil-aparejador-embarrador-blanqueador
	Papel	Adobero/tapiero-albañil-aparejador-embarrador-empapelador
	Piedra	Adobero/tapiero-albañil-aparejador- cantero-embarrador-blanquedor o empapelador
	Madera	Adobero/tapiero-albañil-aparejador-embarrador-blanqueador-retablero-tallador-batioja, dorador
Pisos	Estera	Albañil- calero-esterero
	Madera	Albañil-cordonero-carpintero
	Tierra	Albañil-calero
Cubierta	Paja	Albañil-carpintero, cordonero-encañizador, embarrador, empajador
	Teja de barro	Albañil-carpintero, cordonero-encañizador, embarrador, tejero

Fuente: Autora

4. CONCLUSIONES

El estudio determinó que durante el proceso constructivo, participaban grupos de oficios y artesanos, con un grado de especialización lograda a partir de su experiencia con los materiales. Los artesanos eran gente sencilla que dependía enteramente de la habilidad de sus manos para trabajar los materiales, que se ubicaron en sectores particulares de la ciudad con los cuales dieron forma a nuestra arquitectura hasta el siglo XIX.

Los nuevos procesos de construcción en donde se busca a través del uso de maquinaría o procesos industriales mejorar los rendimientos de obra y los costos finales de obra ha hecho que las edificaciones en tierra, igual que algunos oficios y artesanos tiendan a desaparecer. Una forma de reconocer su importancia es hacerlos visibles, recordando las diferentes actividades que realizaban y su contribución al desarrollo de la arquitectura de tierra colombiana.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Barney Cabrera, E. (2010). Artistas y artesanos en *Historia del arte en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional.

Beltrán Beltrán, L. (2002). Las cruces, arqueología de recuerdos de una ciudad en *Revista Apuntes,* Vol. 6, N. 21. Bogotá: Centro editorial javeriano

Colcultura (1991). *Manual para inventario de bienes culturales muebles*. Bogotá: Ministerio de Cultura.

De la Rosa, M. (1938). *Calles de Santa Fé de Bogotá*. Bogotá: Imprenta Municipal

Fajardo de Rueda, Marta, López, Yvonne Munera, Jorge Mario. (1990) *Oribes y plateros en la Nueva Granada*. Bogotá: Museo de arte religioso

Gutierrez, F. (1995). *Curso y discurso del movimiento plebeyo 1849/1854*. Bogotá: El ancora editores.

Jaramillo, J. (1968). *Ensayos sobre historia social colombiana*. Bogotá: Universidad Nacional.

López, C. (2009). *Patrimonio y arquitectura en tierra*. Avances de investigación. Bogotá: Centro Editorial Javeriano.

Mancho Duque, M.(2011). *Diccionario de la ciencia y la técnica del renacimiento.* España: Ediciones universitarias de Salamanca.

Martínez, A. (1997). Artes y artesanos en la construcción nacional. En: *Revista Credencial Historia,* N. 87. Bogotá: Cordillera Editores Ltda.

Martinez, C. (1983). *Apostillas y reseñas*. Bogotá: Ediciones Proa.

Mayor Mora, A. (2003). *Cabezas duras y dedos inteligentes*. Medellín: Hombre Nuevo Editores.

Mejia, G. (1998). *Los años del cambio. Historia urbana de Bogotá*. Bogotá: Centro Editorial Javeriano.

Portilla, I. (2009). El legado vigente de los oficios en Colombia. En *Revista Pesquisa,* N.10. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Santander, R.; Ortiz, J.; Caicedo, J. (2006). Los artesanos. E*n: Museo de cuadros de costumbres, Tomo III.* Bogotá: Fundación editorial epígrafe.

Notas

(1) La “limpieza de sangre” consistía en probar la calidad de nobleza ante la Real Audiencia por medio de testimonios que certificaran ser descendiente de español y finalmente de blanco o limpio.

(2) Basado en el Diccionario de la lengua castellana. Real academia española. Imprenta Francisco del hierro, España. 1726

Agradecimientos

La autora desea agradecer a la Vicerrectoría académica y la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana por el apoyo brindado para el desarrollo y avance del presente estudio.

Currículo

Cecilia López Pérez. Arquitecta M.Sc. Docente y Coordinadora grupo GRIME (Grupo de Investigación en materiales y estructuras) de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.

ENSAIOS DE ULTRASSOM EM PAINÉIS DE TAIPA DE PILÃO VISANDO SUA FUTURA UTILIZAÇÃO NA VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS NESSAS PAREDES ESTRUTURAIS EM TERRA

Maria Virgínia Simão Peixoto[1], Marco Antônio Penido de Rezende[2]

[1]Escola de Belas Artes – UFMG, Belo Horizonte, Brasil
ninnaspeixoto@yahoo.com.br
[2]Escola de Arquitetura e Urbanismo – UFMG, Belo Horizonte, Brasil
marco.penido.rezende@hotmail.com

Palavras-chave: Restauração. Taipa de pilão. Testes não destrutivos. Ultrassom. Velocidade ultrassônica

Resumo

Minas Gerais possui um significativo patrimônio em arquitetura de terra. Estes tipos de edificações exigem para sua conservação um conhecimento específico das técnicas de construção. Por isso mesmo, as intervenções devem ser feitas com cuidado e de forma precisa, o que gera uma grande demanda por ensaios não destrutivos, dentre eles, o ultrassom.

Em todo mundo tem crescido a utilização de ensaios e metodologias não destrutivos na análise de patologias e na compreensão do comportamento dos materiais e estruturas das edificações. Se no caso das construções usuais a economia de custos e segurança tem justificado este tipo de procedimento, no caso das construções históricas a necessidade se torna ainda mais imperativa.

Este artigo apresenta um estudo para o desenvolvimento de metodologia que viabilize a utilização de testes ultrassônicos em minipainel de taipa de pilão. Essas paredes estruturais são importante componente de nossa arquitetura histórica estando presente em significativos patrimônios edificados.

Verifica-se a importância da realização de testes não destrutivos para elaboração de diagnósticos de patologias, em construções históricas erguidas em terra, buscando diminuir danos causados pelos testes convencionais, que, geralmente, envolvem a retirada de corpos de provas.

Na fase inicial deste projeto de pesquisa, foram executados corpos de prova de material terroso e submetidos a testes de ultrassom e ruptura por compressão simples. Nessa fase, foi construído o minipainel em taipa de pilão onde foram realizados testes de ultrassom. Os resultados obtidos foram analisados, com auxílio de expressões analíticas e gráficos obtidos na primeira fase da pesquisa. Pôde-se concluir que existe a possibilidade do emprego do ultrassom para avaliação da resistência apresentada pelas paredes em taipa de pilão.

Portanto, configura-se como uma importante contribuição na identificação de patologias destas estruturas, possibilitando intervenções de melhor precisão e qualidade e menos onerosas. Intenciona-se continuar os estudos nesta área, tendo como objetivo final a aplicação de testes ultrassônicos em edificações erguidas em terra.

1. INTRODUÇÃO

A lista de patrimônios históricos edificados em terra (World Heritage Monumments – UNESCO) é significativa e abrangente, sendo possível encontrar exemplos importantes nas mais diversas partes do mundo, abrangendo todos os continentes e climas (UNESCO, http://whc.unesco.org/en/list/)

A importância dos métodos de ensaio não destrutivos[1] para a conservação de monumentos tem sido reafirmada por pesquisadores e conservadores em todo o mundo (Evangelista, 2002; Rezende; Rodrigues, 2007).

Dentre os diversos métodos não destrutivos de ensaio, o ultrassom destaca-se pelo baixo custo de seus equipamentos, e pela sua portabilidade (facilidade de deslocamento).

No campo das estruturas de concreto armado as pesquisas de ultrassom avançaram muito, e foi possível estabelecer uma correlação entre a medida da velocidade de ultrassom e a resistência do material. Uma vez estabelecida esta correlação a utilização do ultrassom passou a ser neste campo, uma atividade reconhecida e usual como importante instrumento para a verificação do estado da estrutura.

Buscando caminhar nesta mesma direção só que agora em relação às construções em terra, e mais especificamente em relações às construções em taipa de pilão, o grupo de pesquisa em tecnologias de construções em terra da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, vem desenvolvendo pesquisas neste campo. Alguns dos resultados da última pesquisa realizada são apresentados neste trabalho.

2. MARCO TEÓRICO – ULTRASSOM

No campo da arquitetura de terra as pesquisas são ainda insipientes. Yesiller et al (2000) desenvolveram um estudo com o intuito de investigar o uso de métodos ultrassônicos na determinação de características de compactação de solos argilosos. Nesse estudo, verificaram que a velocidade crescia com o aumento da umidade até o teor de umidade ótimo. Após este ponto, a velocidade começava a decrescer com o aumento do teor de umidade. A velocidade máxima foi obtida próxima ao teor de umidade ótimo. A variação de velocidade, em relação ao teor de umidade, foi similar a variação da densidade total. A velocidade máxima foi obtida, aproximadamente, no ponto de densidade máxima e índice de vazios mínimo. Constataram, também, uma diminuição da velocidade ultrassônica com o aumento da porcentagem de argila no solo das amostras e, consequentemente, o aumento da sua plasticidade. O aumento destes dois últimos fatores relacionados, em um solo, contribui para o aumento da sua porosidade, acarretando uma diminuição de sua densidade e aumento do teor de umidade, resultando em uma diminuição da velocidade ultrassônica neste meio.

Observaram, ainda, que, na maioria dos casos, a velocidade obtida, a partir da transmissão direta, não é similar à obtida via transmissão indireta. Por isso, foi sugerido um fator de correção para converter velocidade indireta em direta (Yesiller et al, 2000).

D'Orazio et al (2007) verificam em seu trabalho as dificuldades encontradas para inspecionar compósitos usando a tecnologia do ultrassom.

A primeira questão colocada pelos autores refere-se à falta de normalização referente a diferentes espessuras de amostras e outra questão refere-se à classificação das técnicas usadas para fazer a comparação dos sinais ultrassônicos e detectar pontos internos nas amostras. A forma de recebimento de sinais ultrassônicos depende da espessura da amostra, assim como a leitura das características apresentadas pelo material ao longo do caminho percorrido pelo sinal. Para materiais mais finos, recomenda-se usar frequências menores. Para materiais mais espessos, é necessário frequências maiores, no entanto esta medida pode acarretar em perda de leitura de defeitos superficiais (D'Orazio et al, 2007).

Já dentro do objetivo maior de se buscar estabelecer a correlação entre resistência mecânica e velocidade ultrassônica para paredes em taipa de pilão, a primeira pesquisa desenvolvida na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, buscou estabelecer esta correlação para corpos de prova (35 mm de diâmetro e 87 mm de altura) com material terroso. Bandeira (2009) após realizar testes ultrassônicos e ensaios de ruptura a compressão simples em 78 corpos de prova feitos do material supracitado concluiu pela existência de uma "forte correlação entre a tensão de ruptura e a velocidade de propagação da onda ultrassônica, cujo coeficiente de correlação foi igual a 0,96" .

Para a segunda pesquisa realizada foram construídos quatro minipainéis em taipa de pilão com as dimensões de 2,0 m de comprimento, 1,20 m de altura e 0,44 m. Na impossibilidade de se utilizar o mesmo solo da pesquisa anterior procurou-se utilizar o solo da mesma região com as características o mais similares possível. Para os testes de ultrassom foram utilizados transdutores de 82 kHz, 150 kHz e 200 kHz. Os ensaios de ultrassom, realizados

nos painéis, produziram resultados que não haviam sido registrados até então na literatura sobre o tema. Foram utilizados os transdutores de 82 kHz, 150 kHz e 200 kHz, com medições diretas e indiretas. O aparelho não registrou nenhuma leitura nos protótipos 2, 3 e 4. O painel 1 apresentou leituras, no entanto, os dados gerados não foram considerados válidos (grande variação). As medidas foram realizadas com outros aparelhos de marcas diferentes, mas os resultados foram os mesmos (Rezende e Rodrigues, 2006; Peixoto, 2011)

Diante dos resultados desta etapa passou-se a realização do trabalho em tela, cujos objetivos e metodologia se apresentam a seguir.

3. METODOLOGIA – ULTRASSOM

3.1 – Metodologia da pesquisa.

3.1.1 – Escolha do solo

A escolha do solo utilizado foi realizada, levando-se em conta, o tipo de material terroso ideal para executar uma parede em taipa de pilão, sendo ele separado, seco e ensacado pela empresa Engesolo. Portanto, pôde-se ter um controle maior do tipo de amostra a ser utilizada na construção deste protótipo.

3.1.2 – Execução do taipal

Foi elaborado um taipal, tendo como modelo os taipais usados no período colonial, para a execução do protótipo. Ainda assim algumas poucas adaptações foram realizadas. Neste taipal, as faces foram executadas com tábuas de pinho do Paraná e as cangalhas usando-se peças de eucalipto de 6 cm x 6 cm. Este taipal apresenta as seguintes dimensões internas: 1,5 m de comprimento, 0,90 m de altura e 0,44 m de espessura (equivalente à medida de dois palmos, usada antigamente na arquitetura em taipa).

3.1.3 Execução do protótipo

Para iniciar os trabalhos de compactação do protótipo, o solo, a ser usado, foi previamente preparado, sendo passado pela peneira, com malha de 4,8 mm. Com isso, os cascalhos de maiores diâmetros foram retirados durante este processo.

Assim como nos protótipos da etapa anterior, a sua compactação foi sendo realizada em sucessivas camadas de aproximadamente 15 cm a 20 cm, com o uso de um pilão de madeira, com base em formato cônico.

3.1.4 Retirada da fôrma do protótipo

A retirada da fôrma do protótipo 5 foi realizada 9 dias após a compactação do mesmo. Durante o processo, foi verificada a ocorrência de estragos nas superfícies laterais da parede, devido a não utilização de desmoldante na fôrma antes da compactação. Em algumas áreas de contato entre a terra e o taipal, notou-se que o solo, ao ser, ligeiramente umedecido, para compactação, aderiu à madeira do taipal. Percebeu-se existência de algumas trincas em sua superfície, provavelmente ocasionadas durante a cura da parede.

3.1.5 Ensaio de ultrassom no protótipo

A calibração do aparelho ultrassom foi realizada em todas as frequências utilizadas, ou seja: 54 kHz e 500 kHz.

Foram feitas medidas nos pontos 1 e 2 usando transdutores de 54 kHz e 500 kHz. De acordo com a norma BSI 1881, devem ser realizadas três medidas, sendo que os resultados registrados devem apresentar variação máxima de 5% do valor mediano obtido.

Figura 1: Painel. Fotografia: Peixoto, 2012.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.2 Resultados da pesquisa

4.2.1 Caracterização geotécnica do solo dos protótipos

De acordo com os resultados obtidos a partir dos ensaios de caracterização do solo utilizado neste trabalho, este poderá ser classificado, segundo a ABNT, como uma argila areno siltosa de cor amarela, altamente plástica, com pouquíssimo pedregulho. Na tabela 1, encontra-se o resumo das propriedades físicas e as características geotécnicas do solo descrito acima.

Tabela 1 - Caracterização do solo

Índices Físicos	
Massa específica dos solos (g/cm³)	2,679
Limite de liquidez (%)	51
Índice de plasticidade (%)	22
Granulométrica (ABNT)	
Pedregulho (d > 2,0mm)	1,4
Areia (0,06 < d < 2,0mm)	23,5
Silte (0,002 < d < 0,06mm)	20,2
Argila (d < 0,002mm)	54,9
Textura	Argila areno siltosa
Plasticidade	Altamente plástica

Engenheiro responsável pelos ensaios: Benjamim José da Silva – Engesolo

4.2.2 Ensaio do ultrassom no protótipo

Os ensaios de ultrassom, realizados nos painéis, produziram resultados satisfatórios. Foram realizados, segundo norma BSI 1881 Parte 206 – Ultrasonic Test for concrete, através do equipamento modelo PUNDIT, fabricado pela empresa CNS (1995), utilizados os transdutores de 54 kHz com sistema de medição indireto e transdutores de 500 kHz com sistema de medição direto. O acoplante utilizado foi o gel.

Figura 2: Teste de ultrassom no Painel 5. Fotografia: Peixoto, 2012.

Tabela 2 – Resultados dos testes do ultrassom no protótipo 5

Ponto	Frequência	Tempo de propagação ($x10^{-6}$ s)	Velocidade de propagação (km/s)	Velocidade média de propagação (km/s)
1	54 kHz	363	0,28	0,31
		329	0,30	
		298	0,34	
		316	0,32	
		303	0,33	
2	54 kHz	292	0,34	0,30
		329	0,30	
		435	0,23	
		333	0,30	
		289	0,35	
1	500 kHz	1093	0,39	0,39
		1171	0,37	
		1070	0,40	

Ensaios: Equipe do laboratório de concreto da Escola de Engenharia da UFMG.
Coordenador: Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes

Nos ensaios executados com o uso do transdutor com frequência de 54 kHz, o ponto 1 apresentou o menor tempo médio de propagação e maior velocidade média de propagação, em relação ao ponto 2. Verificou-se maior amplitude no ponto1 e maiores variância e desvio padrão no ponto 2.

Ainda no ponto 1, foram realizados ensaios com transdutores com frequência de 500kHz e o sistema de medição usado foi o direto. Verificou-se a ocorrência de maiores tempos para a propagação da onda, fenômeno pode ser explicado pela distância a ser percorrida, uma vez que, nos ensaios indireto, a distância entre transdutores era de 5 cm e nos ensaios direto (sistema usado com o transdutor de 500 kHz) a distância era de 44 cm. Foram registradas maiores velocidades de propagação da onda. Tal fato ocorreu, provavelmente, devido à

frequência do transdutor e ao sistema direto de transmissão. Ainda neste ensaio, foram observadas a ocorrência de maior variância e desvio padrão entre os tempos marcados e velocidades obtidas pela onda ultrassônica.

4.2.3 Resultados do painel

Foram obtidos resultados tanto para a frequência de 54 kHz quanto para a de 500 kHz.

Com os resultados acima descritos, verificou-se a possibilidade da elaboração de gráficos, com base em equações desenvolvidas a partir dos gráficos de resultado final, obtidos na pesquisa de Bandeira (2009), onde se correlacionou a resistência mecânica e a velocidade ultrassônica em materiais terrosos.

4.2.3.1 Resultado final para os ensaios com transdutores de 54kHz

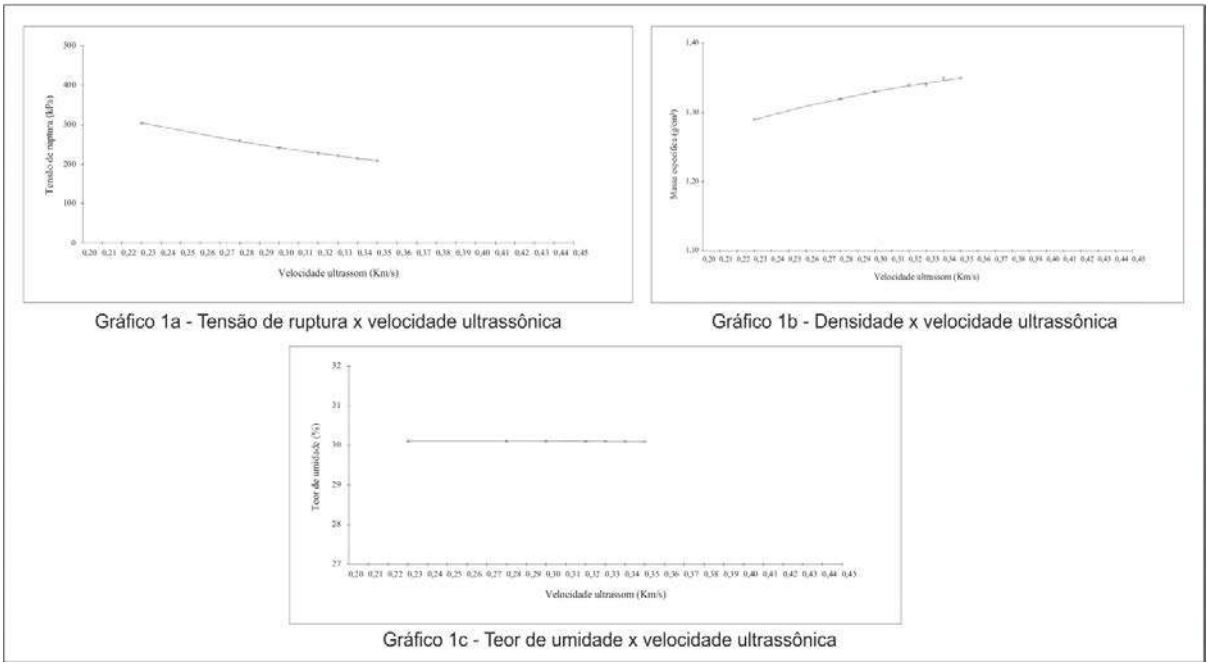


Figura 3 – Gráficos ensaios com transdutores de 54 kHz. Fonte: Bandeira, 2009, p. 74, adaptado por Peixoto, 2011

O gráfico 1a mostra que as menores velocidades de onda correspondem às maiores tensões de ruptura.

De acordo com o gráfico da 1b, verifica-se que, quanto maior a massa específica seca apresentada pelo solo, maiores serão as velocidades de onda.

Ao analisar o gráfico 1c, verifica-se que as maiores velocidades ocorrem em solos que apresentam menores teores de umidade.

4.2.3.2 Resultado final para os ensaios com transdutores de 500 kHz

O gráfico 2a mostra que as menores velocidades de onda correspondem às maiores tensões de ruptura.

De acordo com o gráfico 2b, verifica-se que, quanto maior a massa específica seca apresentada pelo solo, maiores serão as velocidades de onda.

Ao analisar o gráfico 2c, verifica-se que as maiores velocidades ocorrem em solos que apresentam menores teores de umidade.

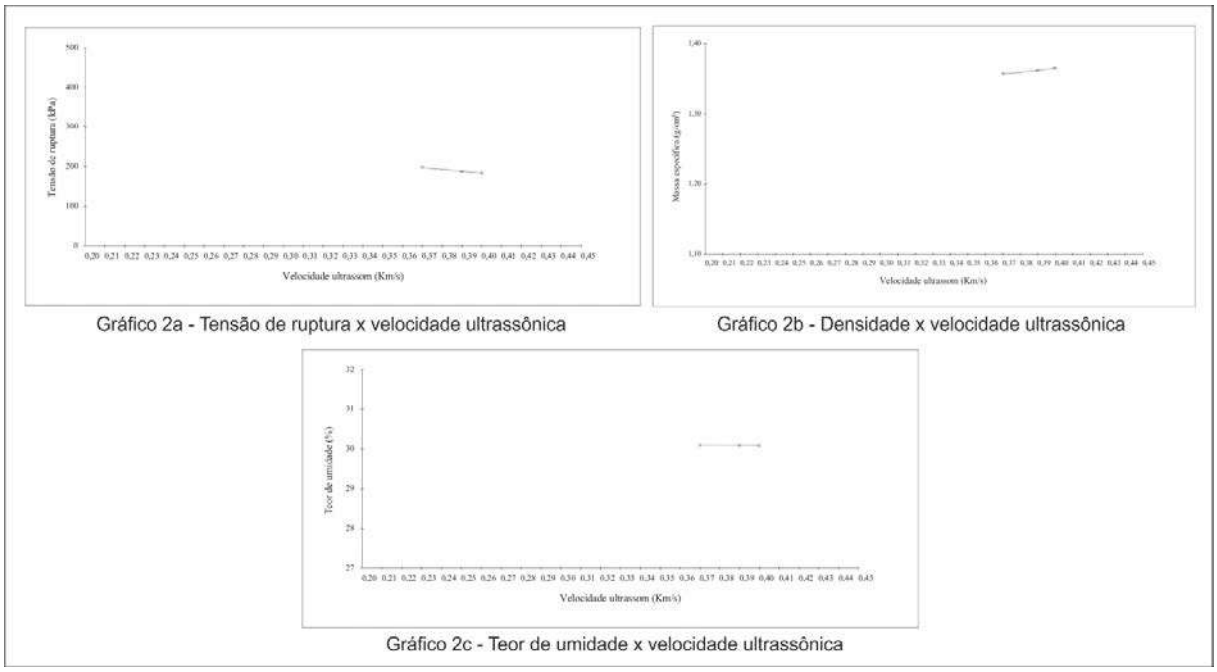


Gráfico 2a - Tensão de ruptura x velocidade ultrassônica

Gráfico 2b - Densidade x velocidade ultrassônica

Gráfico 2c - Teor de umidade x velocidade ultrassônica

FIGURA 4 – Gráficos ensaios com transdutores de 500 kHz. Fonte: Bandeira, 2009, p. 74, adaptado por Peixoto, 2011

4.2.4 Ensaio do ultrassom no protótipo com revestimento

Os ensaios, no painel com revestimento, foram realizados, segundo norma BSI 1881 Parte 206 – Ultrasonic Test for concrete, através do equipamento modelo TICO, fabricado pela empresa CNS (1995), utilizados os transdutores de 54 kHz com sistema de medição indireto. O acoplante utilizado foi o gel. Este ensaio teve como objetivo avaliar a qualidade de taipa de pilão por ultrassonografia, após preparo de superfície que incluiu quatro opções:

1. Aplicação de fina camada de calda de cal e água;
2. Aplicação de fina camada de solo, cal a 6% e água;
3. Aplicação de camada de 10 mm de argamassa areia, cal, cimento e água na proporção volumétrica de 6,66: 2:1: 2,8;
4. Aplicação de verniz acrílico sobre taipal

De acordo com o resultado final do ensaio do ultrassom no protótipo 5 com revestimento:

- É possível fazer a leitura da velocidade de pulso ultrassonográfico em taipa de pilão, desde que a superfície seja previamente estabilizada e preparada por ação indireta de camada regularizadora intermediária e adequadamente estabilizada;
- Pode se usar gel acrílico, caldas de cimento, caldas de cal. Entretanto quando do uso de caldas o fenômeno de retração será intenso e a superfície de teste estará muito fissurada.

Comparando os resultados das medições com o protótipo sem revestimento e depois com protótipo tendo recebido uma camada de revestimento, foram observados os seguintes fenômenos:

- O tempo de propagação de onda na parede sem revestimento é maior que na parede revestida;
- A velocidade de propagação da onda ultrassônica é maior na parede com revestimento.

5. CONCLUSÕES

Embora não tenha sido possível estabelecer ainda a correlação entre a resistência mecânica e a velocidade ultrassônica para minipainéis, esta pesquisa permitiu mostrar a viabilidade da leitura nos painéis e a necessidade de uniformização da superfície para uma leitura mais adequada. O transdutor de 500 kHz revelou-se mais adequado à leitura de ultrassom em minipainéis de taipa de pilão.

Foi possível mostrar a diferença de resultados para painéis com tratamentos de superfície final semelhantes aos utilizados em construções históricas brasileiras do período colonial, sendo a velocidade ultrassônica maior nos minipainéis com revestimento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BANDEIRA, R. F. (2009). *Estudo da correlação entre resistência mecânica e velocidade ultrassônica para um material terroso.* 89fls. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído Patrimônio Sustentável)- Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, M.G.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BSI 1881: Part 203. Testing concrete – Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulse in concrete. London, 1986. 16p.

CNS Eletronics (1995) Manual ERUDITE MKII: Resonant frequency test system. Ithaca, New York, USA: Cornell University, 1995. 67p.

D'orazio, T. et al. (2007). Automatic ultrasonic inspection for internal defect detection in composite materials. In *NDT&E Internacionl.* pp.145-154. Disponível em: http://ac.els-cdn.com/S0963869507000904/1-s2.0-S0963869507000904-main.pdf?_tid=2624d33c-1d31-11e2-b5f8-00000aab0f01&acdnat=1351010950_be2616a13bf36066554a54380daf3241. Acesso em: jan./2011.

EVANGELISTA, A.C.J. (2002). *Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não-destrutivos.* 219f. Tese (Doutorado Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

PEIXOTO, M.V.S. (2011). *Metodologia para aplicação de ensaios ultrassônicos em mini painéis de taipa de pilão*. 109fls. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído Patrimônio Sustentável)- Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, M.G.

REZENDE, M. A. P; RODRIGUES, R (2006). Análises e recomposição de solos em estruturas históricas construídas em taipa de pilão. In: *I Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil.* Brasil. p 28-30.

REZENDE, M. A. P; RODRIGUES, R (2007). Projeto Piloto. *Avaliação da integridade mecânica em painéis de taipa de pilão utilizando a técnica do ultra-som*. Projeto de pesquisa (Mestrado em Ambiente Construído Patrimônio Sustentável). Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, M.G.

YESILLER, Nazli. et al (2000). Ultrasonic Testing for Compacted Clayey Soils. Advances in Unsaturated geotechnics. In *American Society of Civil Engineers.* Denver. pp. 54-68. Disponível em http://dx.doi.org/10.1061/40510(287)5. Acesso em 02/06/2009.

Notas

[1] Entende-se por avaliação não-destrutiva o processo científico usado para a identificação das propriedades físicas e mecânicas de uma amostra de determinado material, sem a necessidade de recorrer à retirada de corpos de prova

Currículo

Maria Virgínia Simão Peixoto, Arquiteta Urbanista (PUC-MG, 2000) Especialista em Revitalização Urbana e Arquitetônica pela Escola de Arquitetura (UFMG, 2007). Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Escola de Arquitetura (UFMG, 2011). Doutoranda em Artes pela Escola de Belas Artes (UFMG). Professora voluntária Depto. de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da EA-UFMG.

Marco Antônio Penido de Rezende, Arquiteto (UFMG, 1987); Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UFMG,1998); Doutor em Construção Civil (POLI-USP, 2003). Pós-doutorado em Preservação História (Universidade de Oregon, EUA, 2010). Professor Associado do Depto. de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da EA-UFMG. Pesquisa, extensão, ensino, publicações na área de arquitetura de terra e técnicas históricas, vernaculares.

SISMO-RESISTENCIA DE LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA DEL SANTUARIO ARQUEOLÓGICO DE PACHACAMAC

Denise Pozzi-Escot[1], Katiusha Bernuy[2], Henry Torres Peceros[3], Jorge Aching Vásquez[4].

Ministerio de Cultura del Perú
Panamericana Sur Km. 31.5, Lurín, Lima 16, Perú
Tel: (051) 4300168 – Fax: (051) 4300168
[1]dpozzi@mcultura.gob.pe; [2]kbernuy@mcultura.gob.pe; [3]jaching@mcultura.gob.pe;
[4]htorres@mcultura.gob.pe

Palabras Claves: Santuario arqueológico de Pachacamac, adobe, análisis estructural, arquitectura, sismo-resistencia.

Resumen

Desde hace 2000 años el uso del adobe en la costa de los Andes Centrales fue determinante en la construcción de templos, edificios residenciales, palacios, pirámides. etc. En las culturas costeñas ha sido posible incluso, confirmar cronologías de construcción según el tipo de adobe utilizado. En este artículo presentaremos los resultados preliminares del análisis estructural de los elementos arquitectónicos que componen el santuario arqueológico de Pachacamac, uno de los más importantes centros de peregrinación del Área Andina, que tiene como principal material constructivo al adobe.

En base a los elementos arquitectónicos definidos realizaremos un análisis de las soluciones estructurales diseñadas para lograr un grado de sismo-resistencia en cada periodo ocupacional. Expondremos además, los tipos de daños más recurrentes, mencionando sus causas y el comportamiento estructural de los edificios ante un sismo. Todo ello con la finalidad de establecer los lineamientos generales requeridos en los trabajos de conservación orientados a devolver la estabilidad estructural perdida, sin alterar su integridad y autenticidad, considerando su ubicación en una zona altamente sísmica.

1. INTRODUCCIÓN

El santuario arqueológico de Pachacamac está ubicado al sur de la ciudad de Lima, en la costa central del Perú. Desde alrededor del año 300 d.C., fue un importante centro ceremonial que llegó a convertirse en uno de los principales adoratorios y centros de peregrinación del Tawantinsuyo, tras ser conquistado por los Incas en 1470 d.C. La importancia del santuario se debía a su dios principal Pachacamac, era considerado el dios de los temblores (Rostworowski, 2001:42).

La importancia del sitio, en sus 1500 años de historia, se evidencia en las más de veinte estructuras monumentales hechas de adobe que lo componen. Teniendo en cuenta estas características y el hecho de que el sitio está ubicado en una zona altamente sísmica - por ser área de influencia del Cinturón de Fuego del Pacífico – es que pensamos que Pachacamac puede ser importante para el estudio de la evolución del uso del adobe y las soluciones empleadas por las sociedades prehispánicas para darle mayor resistencia sísmica a las construcciones monumentales hechas con este material.

2. EL USO DEL ADOBE EN EL SANTUARIO ARQUEOLÓGICO DE PACHACAMAC

El adobe ha sido usado sobre todo en las regiones de clima desértico donde las precipitaciones son muy escasas y se dan fuertes cambios de temperatura entre el día y la noche, ya que éste es un material bastante duradero en este clima y ofrece buenas condiciones térmicas y de humedad. Sin embargo, las construcciones de adobe representan

un riesgo al ser hechas en zonas sísmicas, ya que es un material pesado y frágil que no tiene resistencia a las vibraciones producidas por los sismos. Por estas razones, se debieron idear soluciones estructurales que redujeran la vulnerabilidad de las edificaciones ante los sismos.

Los pobladores de la costa central en los Andes centrales comenzaron a utilizar intensivamente el adobe desde los primeros siglos de nuestra era. Las primeras construcciones monumentales edificadas en el santuario de Pachacamac datan del año 300 d.C. (Lavallée, 1965:236) y corresponden a la Cultura Lima (100 a 600 d.C.). Los adobes usados en esta época fueron pequeños y rectangulares, modelados a mano, dispuestos utilizando la técnica del "librero" (Figura 4 – sección derecha). Datan de esta época dos edificios monumentales: el Templo de Urpiwachac y el Templo Viejo (Tello, 2007:73-183), (Franco; Paredes, 2000: 610-612), construidos en base a plataformas conformadas por cuartos de relleno, así como algunas estructuras menores constituidas por muros delgados.

El primer esplendor del santuario debió darse alrededor del año 800 d.C., siendo una de las evidencias más resaltantes el Cementerio Uhle, donde se hallaron contextos funerarios con asociaciones de clara influencia Wari (Uhle, 2003:139), cultura de la región de la sierra sur. No han sido registradas muchas estructuras que puedan asociarse a este periodo, pero es probable que una primera versión del Templo Pintado – donde debió residir la deidad de Pachacamac - haya sido construida en este periodo. En esta época se comienzan a usar moldes para la fabricación de adobes en el santuario y al mismo tiempo se introducen nuevas técnicas constructivas.

El auge constructivo de este sitio se dio durante la ocupación Ychma (1100 a 1470 d.C.) (Eeckhout, 2004:428), periodo en que fueron construidos cerca de catorce conjuntos arquitectónicos de características similares, conformados por un edificio principal de dimensiones monumentales levantado en base a dos plataformas superpuestas constituidas por miles de adobes entramados - a las que se accede por una rampa central - y por una plaza frontal cercada por muros de 3 metros de espesor y hasta 4 metros de altura. Estas construcciones fueron edificadas con adobes hechos en molde, de dimensiones variables, y con espesores promedio de 14 cm (Pozzi-Escot; Bernuy, 2009: 128).

Tras la conquista del Señorío Ychma por los incas (1470) (Rowe, 1946), el santuario fue adherido al sistema de santuarios del Tawantinsuyo y constituyó la cabecera de una provincia adscrita al Chinchaysuyo. La conquista pacífica de Pachacamac constituyó un logro significativo para los incas, ya que además de asegurar la obtención de importantes productos de los valles costeños, se incorporaba al imperio el prestigioso oráculo del Dios Ychma, llamado por los incas Pachacamac, y el control de gran cantidad de mano de obra. A su llegada los incas impusieron el culto al Sol y adaptaron el espacio arquitectónico construyendo murallas (Makowski, 2008:98; Ramos; Paredes, 2010: 105-166), una inmensa plaza para albergar a los peregrinos, el Templo del Sol y el Acllawasi (Uhle, 2003:295), (Tello, 2009:171-246), entre otros. La construcción de los edificios principales fue hecha utilizando técnicas constructivas diferentes a las usadas por los Ychma, pero no necesariamente más eficientes (Pozzi-Escot et al, 2012: 4-5).

3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS PRINCIPALES CONSTRUCCIONES DEL SANTUARIO ARQUEOLÓGICO DE PACHACAMAC.

Las construcciones del santuario de Pachacamac están hechas casi exclusivamente con adobes. Desde las primeras ocupaciones registradas de la Cultura Lima (300 d.C.), periodo durante el cual se utilizaron adobes modelados a mano de pequeñas dimensiones (20 cm x 12 cm x 8 cm) hasta la ocupación Inca (1470-1533 d.C.) en que se usaron moldes para la fabricación de adobes de grandes dimensiones y tamaños variados (55 cm x 24 cm x 18 cm).

Al ser el adobe el principal material utilizado en las construcciones en Pachacamac es importante conocer sus propiedades para comprender su comportamiento físico en las construcciones y poder conservarlas para las generaciones futuras.

Propiedades

Establecer las características mecánicas, la composición interna y el origen del material utilizado en su fabricación es parte de los objetivos del Programa de Conservación de Emergencia del Museo de Sitio de Pachacamac (MSPAC).

Aunque aún no ha sido posible determinar el origen del material con que fueron producidos estos adobes, se han hecho ensayos para identificar densidades y resistencia a la compresión de los mismos según la tipología de adobes establecida para cada fase ocupacional del sitio. Alfio Pinasco (2010) realizó análisis a partir de una muestra tomada de edificios con diversas ocupaciones dentro del santuario, estableciendo algunas características acerca de textura, resistencia a la compresión y tiempo de absorción del agua o resistencia a la humedad. Él determina que los adobes más resistentes a la compresión son los Ychma, los más resistentes a la humedad son los Lima, mientras que los adobes Inca son los menos resistentes a ambos factores (ibid, 61).

Mingarro y López (1982:166-167) sobre la composición de los adobes de sitio señalan que:

> *…composicionalmente es el cuarzo subanguloso y subredondeado el material dominante, le siguen muchos clastos negros, posiblemente de magnetita o ilmenita, fragmento de calcita y cantidades pequeñísimas de materiales arcillosos procedentes de la parte inferior de los sedimentos carbonaticos* resaltando*…que prácticamente carecen de arcilla y de la común mezcla de pajas y restos de plantas*

Tabla 1. Resumen de las propiedades obtenidas en los ensayos. Programa de Conservación de estructuras Inca en Emergencia (2012) – Ministerio de Cultura - Museo de Sitio de Pachacamac.

Edificio	% que pasa la malla 200	Módulo Elástico kg/cm^2	Resistencia compresión kg/cm^2	Cohesión kg/cm^2	P.U. Húmedo Tn/m^3	P.U. Seco Tn/m^3	% Contenido de Humedad
PCR-I	30,60	4366,90	7,64	3,82	1,79	1,76	2,05
		2143,11	4,82	2,41	1,81	1,77	2,08
		1735,38	4,52	2,26	1,81	1,77	2,11
PCR-II	30,60	641,80	3,93	1,97	1,73	1,70	2,08
		238,76	1,73	0,87	1,73	1,69	2,10
		584,11	3,27	1,64	1,83	1,79	2,09
PCR-III	23,47	692,40	5,97	2,99	1,77	1,74	1,68
		509,37	5,22	2,61	1,74	1,71	1,73
		508,53	7,27	3,64	1,81	1,78	1,74
Templo Pintado	31,56	254,60	3,00	1,50	1,70	1,67	1,90
		355,78	3,20	1,60	1,54	1,51	1,86
		367,86	2,62	1,31	1,64	1,61	1,89
Templo del Sol	27,10	683,40	6,32	3,16	1,90	1,86	2,01
		309,23	4,02	2,01	1,88	1,84	2,10
		628,35	6,36	3,18	1,81	1,78	2,05
Palacio de Taurichumpi	40,49	300,10	2,70	1,35	1,59	1,56	1,71
		314,31	3,81	1,91	1,56	1,56	1,66
		720,19	3,87	1,94	1,63	1,60	1,64

En el año 2012 el equipo del MSPAC realizó ensayos de laboratorio para obtener una clasificación del suelo utilizado en la fabricación de adobes según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS),encontrando arena limosa, mezcla de arena y limo y los materiales finos son no plásticos o con baja plasticidad. Además se advirtió la presencia de sedimentos que no presentan material arcilloso, por lo que es necesario hacer ensayos más

precisos en la porción fina de la mezcla (% que pasa la malla # 200), para determinar la presencia de sustancias aglomerantes que han logrado un nivel de cohesión aceptable en las mezclas utilizadas y, que se manifiesta en una resistencia a la compresión de valor significativo.

En todos los ensayos realizados hay ausencia de material arcilloso que pudo haber sido el material aglomerante de la mezcla. Se han obtenido valores de resistencia a la compresión que van desde 1,7 kg/cm^2 hasta 7,00 kg/cm^2, siendo el promedio aproximado de 3 kg/cm^2, un valor bajo para esfuerzos en compresión (Vargas et al, 1984:8). No se han realizado estudios sobre los esfuerzos en tracción y corte, sin embargo en virtud a su resistencia a la compresión y a los daños observados en la mampostería existente en el santuario se han estimado que también ofrecerán valores bastante bajos.

Análisis

Los valores que se han obtenido de los análisis físicos muestran la poca resistencia mecánica de los adobes. Si bien no son una muestra estadísticamente representativa del sitio, debido a la coincidencia con otros trabajos realizados podemos establecer que dan un panorama general de las propiedades de los adobes del santuario de Pachacamac. En ese sentido, creemos que es importante analizar cómo se mejoró la resistencia mecánica de los adobes empleando técnicas constructivas que permitiesen mejorar su desempeño sismo-resistente. Además de ello, deberemos analizar cómo las formas arquitectónicas permitieron mejorar las desventajas mostradas por los adobes analizados, obteniendo estructuras que han tenido un adecuado desempeño frente a los sismos a lo largo del tiempo.

3.1 Elementos arquitectónicos

Los adobes no ofrecen propiedades mecánicas que permitan argumentar que en su solidez y resistencia radicaban las principales virtudes de las construcciones del santuario. Sin embargo, los elementos arquitectónicos y las configuraciones que han permitido aprovechar al máximo las capacidades mecánicas de la mampostería con adobes, representan un progreso en ese sentido. Entre ellas podemos mencionar:

Plataformas. Éstas son parte importante de la arquitectura dentro del santuario de Pachacamac. Son construcciones robustas, macizas y de grandes proporciones. Tienen una proporción alto/ancho muy baja, es decir que la superficie de apoyo siempre es mayor que la altura de la plataforma, lo que le otorga buena estabilidad relacionada directamente con su configuración y con las técnicas constructivas utilizadas. Debido al tamaño y volumen de estas construcciones los cimientos no son profundos. Hay registros de plataformas cuya base está profundamente enterrada, lo que podría confundirse con cimientos profundos elaborados de forma intencional, esto sólo se debe al crecimiento del nivel ocupacional posterior a la construcción o nivel de fundación. Las evidencias arqueológicas apuntan a que los cimientos no tuvieron más de 30 cm a 50 cm. de profundidad, por lo cual la estabilidad de este tipo de construcciones se debe principalmente a las grandes dimensiones de la superficie de apoyo y no a su cimentación.

En cuanto a las fuerzas de sismos, se ha registrado por lo general un buen desempeño frente a fuerzas laterales por su significativa rigidez, ya que las plataformas se mantienen bien conservadas a pesar de la alta sismicidad de la zona, en contraste con otros elementos arquitectónicos mucho más esbeltos que sí han sufrido daños severos.

En las estructuras de este tipo que presentan daños, la proporción alto/ancho es mucho mayor que en otras construcciones similares, además debe considerarse que algunas plataformas han sido añadidas a construcciones más antiguas y por tanto su comportamiento sismo-resistente es completamente diferente.

Ejemplo de construcciones edificadas en base a este elemento arquitectónico son las Pirámides con Rampa, El Templo del Sol, El Templo pintado, etc.

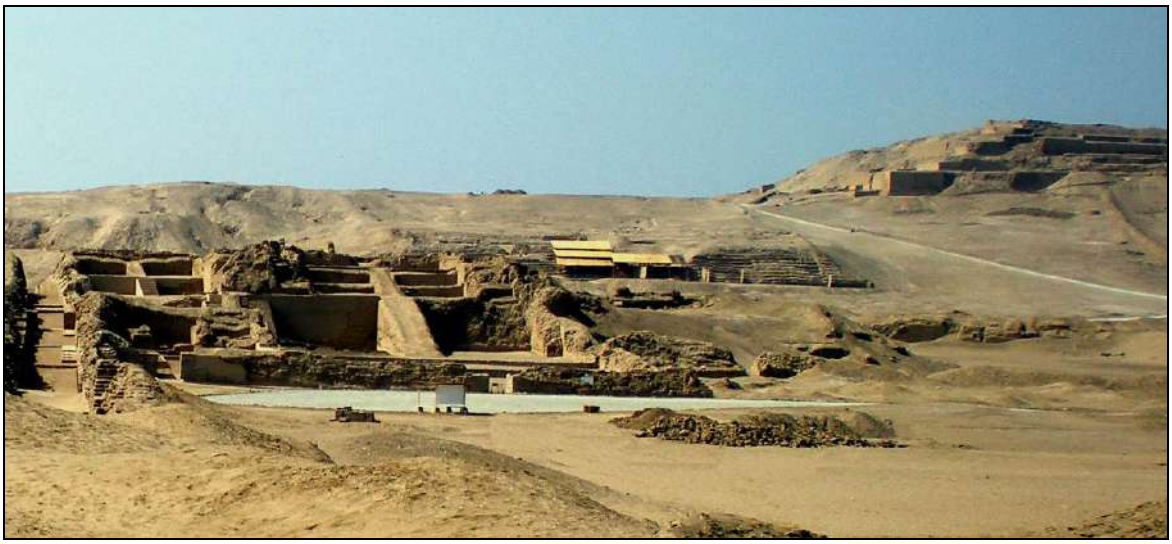


Figura 1. Pirámide con rampa 01 (1100-1470 d.C), Templo Pintado (900 a 1533 d.C.) y extremo superior derecho Templo del Sol (1470 a 1533 d.C)

Muros. Constituyen el elemento arquitectónico más difundido dentro del santuario, construidos en su mayoría con adobes de diferentes tamaños y formas que corresponden a las distintas fases ocupacionales, han sido empleados para cerrar espacios de diversas dimensiones. Las formas y proporciones de los muros son las características locales que adaptan la estructura a su medio y logran construcciones aptas, competentes y cuya estabilidad se ve favorecida gracias al conocimiento de las técnicas constructivas de la región y al manejo de los materiales locales que se encuentran disponibles. En los muros Ychma, podemos ver que los conocimientos sobre estabilidad estructural son aplicados para usar muros de 4 m a más que permiten definir plazas y calles.

Algunos tipos de muros:

- **Muros de adobe de sección recta:** Tiene una relación alto/ancho baja 2:1. Si bien son utilizados en diversos periodos ocupacionales y en las construcciones de habitaciones de diversos tipos, no cuentan con alta resistencia sísmica. Los colapsos producidos por efectos de los sismos afectan principalmente la parte alta de estos muros mientras que las bases quedan intactas. Ejemplos de estos muros son los que constituyen el Complejo de Adobes Lima "Adobitos" y las habitaciones edificadas sobre las plataformas superiores de las Pirámides con Rampa.

- **Muros de adobe de sección trapezoidal:** Tiene una relación alto/ancho baja, de 4:3, 2:1 ó 3:1. Logran estabilidad ya que cuentan con una sección de apoyo grande en relación a la altura que sostienen y, porque la parte más alta se adelgaza con respecto a la base, en sección tiene forma trapezoidal. Esta innovación en el diseño arquitectónico se da junto con el uso de la técnica constructiva de amarre, con lo cual los muros adquieren gran resistencia sísmica. El registro arqueológico del derrumbe de algunos de estos muros reveló que además del colapso parcial de las partes altas de los muros, habían colapsado las caras externas.

  Según Julio Vargas …*esto se debe al encuentro brusco o chapoteo de ondas sísmicas que se produce cerca del borde del muro de fachada, cuando se acaba el medio sólido de transmisión de ondas, y éstas retornan y chocan con el resto del tren de ondas sísmicas que sigue llegando* (Pozzi-Escot et al, 2012:7).

  Ejemplos de estos muros son los que definen las calles del santuario, las murallas y los patios de las Pirámides con Rampa. La mayor parte de este tipo de construcción data de la ocupación Ychma e Inca.

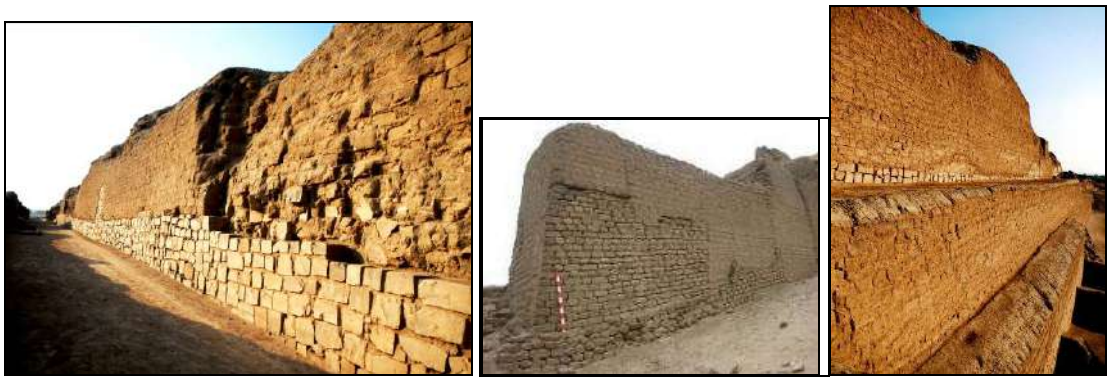


Figura 2. Muros de sección trapezoidal: Calle Norte Sur y muros perimetrales (1100 a 1470 d.C.)

- **Muros de sección recta y esbelta:** Las estructuras esbeltas empleadas en muchas construcciones tienen un pobre desempeño sismo-resistente frente a fuerzas sísmicas, su configuración no permite desplazamientos sin colapso, no resisten empujes y son las estructuras más afectadas en el santuario. Se ha podido estimar su esbeltez en una relación alto/ancho cercano al 6:1, estructura en extremo débil para esfuerzos originados por fuerzas laterales de origen sísmico.

3.2 Sismo-resistencia

Los elementos arquitectónicos representan las unidades básicas de construcción dentro del santuario. Aunque dichos elementos fueron usados a través del tiempo, existieron una serie de condiciones - que hemos registrado - y que habrían permitido que los edificios tengan un desempeño sismo-resistente diferente. Por tanto, es necesario analizar porqué unas estructuras tienen más estabilidad que otras. A continuación expondremos las condiciones que determinan distintas reacciones de los elementos arquitectónicos en caso de sismo:

- **Adobes y técnica de sus aparejos.** Los adobes de Pachacamac son de diferentes medidas, los hay de la época Lima (300 a 600 d.C.) hasta la época Inca (1470 a 1533 d.C.), desde adobes fabricados sin molde hasta los adobes de grandes dimensiones hechos con moldes. La técnica utilizada en los aparejos para la construcción de muros fue diversa, la disposición de los adobes fue tanto en el amarre tipo soga, y del tipo cabeza o tizón; intercalándose cada una de éstas en algunos casos en forma ordenada y en otros en forma arbitraria. Hay que señalar que además del amarre fue muy importante la adherencia adobe-mortero dentro de la estructura.

Figura 3. Detalle de aparejos. Izquierda: Muro Ychma – Derecha muro Lima “técnica del librero”.

- **Forma y proporciones.** La construcción de los muros significó un importante logro para construcciones capaces de soportar los sismos, la sección trapezoidal del muro solucionó en forma práctica las capacidades mecánicas mínimas de los adobes, adoptando configuraciones cuyo comportamiento fue optimizado gracias al uso de estas formas. Otra característica importante fue la proporción alto/ancho de los muros cuyos valores son 2:1 ó 3:1 y que demuestran que son estructuras que trabajan por gravedad, es decir que el peso ha permitido que mantengan una alta estabilidad. En otros casos cuando la

relación alto/ancho es mucho mayor se han detectado severos daños o pérdida completa de los muros.

- **El uso de juntas verticales como posible solución sismo-resistente.** En el santuario hay muros adosados verticalmente, bloques sucesivos en la construcción de estructuras de gran tamaño y sin arriostres transversales. Esta técnica habría logrado darle cierto nivel de ductilidad a la estructura permitiendo el desplazamiento de las masas estructurales en caso de fuerzas sísmicas.

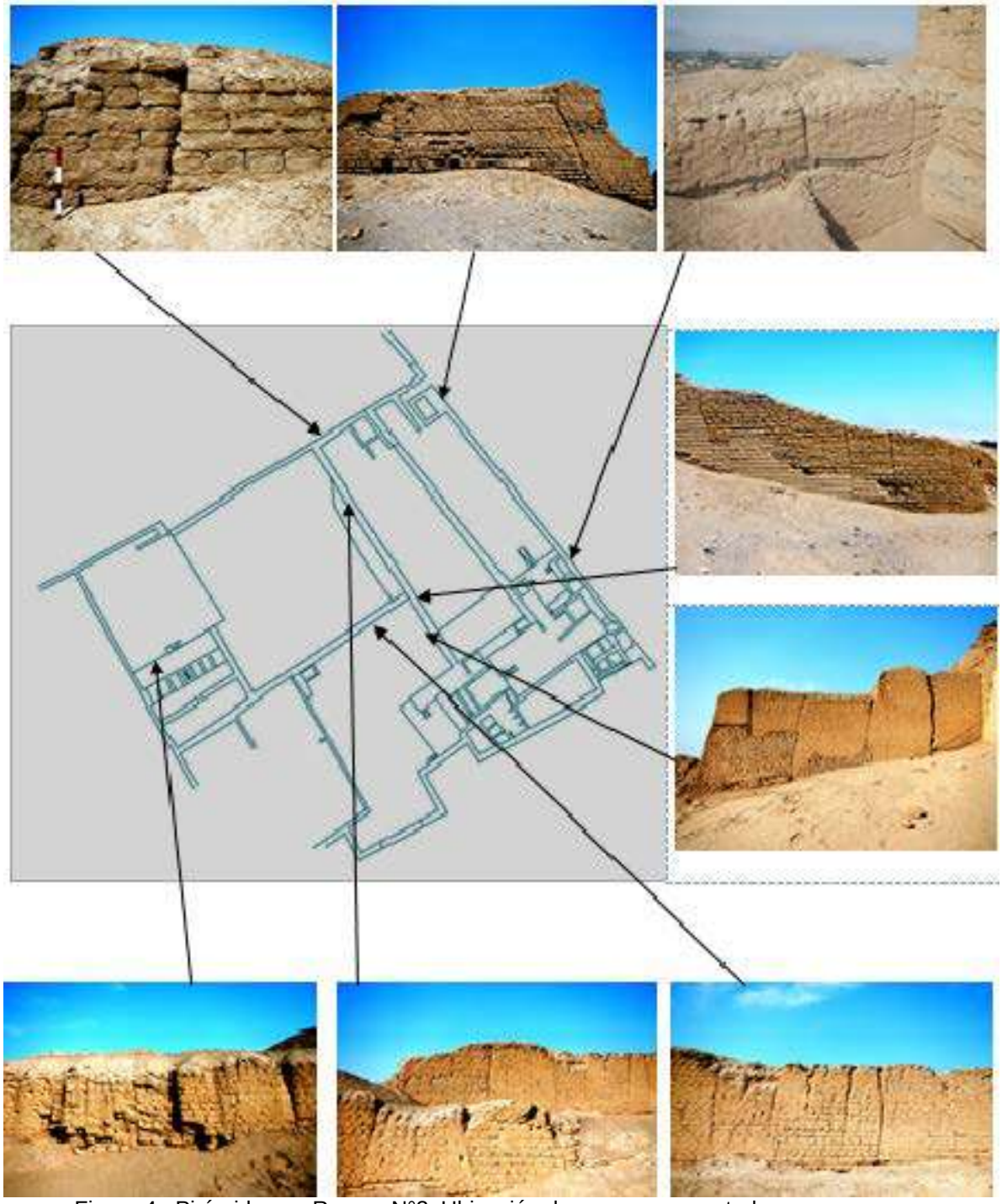


Figura 4. Pirámide con Rampa N°3: Ubicación de muros segmentados.

- **La configuración de las estructuras de gran tamaño.** Las plataformas formadas por muros de gran espesor y rellenos constructivos tienen atributos sismo-resistentes, son de mayor rigidez y gran estabilidad.

4.- PATOLOGÍAS

La condición sísmica de la zona donde se ubica el santuario de Pachacamac ha afectado las estructuras que componen su zona monumental. El grado de daño tiene directa relación con la configuración del edificio y la geología local.

Las patologías que se han identificado se pueden agrupar de la siguiente manera:

Daños en esquinas de muros y/o plataforma. Se origina cuando coinciden perpendicularmente dos planos de muros, en un evento sísmico los dos muros que formaban la esquina han vibrado fuera de su plano, como consecuencia de ello se forma una alta concentración de esfuerzos de tracción en la esquina donde se encuentran unidos, lo que se manifiesta en una profunda grieta que va de la parte superior hacia abajo, cuando el movimiento es severo la esquina se separa y los muros quedan libres, técnicamente en voladizo lo que en muchos casos causa finalmente su colapso total.

Colapso parcial de estructuras. Se origina debido a vibraciones de origen sísmico, quedando la mayor parte de ella en pie. Solamente zonas vulnerables se desploman, por lo general las zonas altas y/o no bien ancladas estructuralmente al edificio afectado.

Asentamiento diferencial de estructuras. Ésta se manifiesta en agrietamientos diagonales y verticales en los muros a causa del desplazamiento vertical diferenciado, la causa podría tener su origen en el cambio temporal de la capacidad de carga del suelo. Hay que tener en cuenta que los suelos pueden consolidarse con un asentamiento progresivo de las estructuras debido a una carga constante ejercida por su peso.

Daños por flexiones excesivas. Este tipo de daño se origina cuando la estructura del muro se encuentra sin suficientes arriostres laterales, trabaja como una viga en cantiléver y tiene en principio la suficiente rigidez para soportar los desplazamientos originados por las vibraciones de origen sísmico, sin embargo cuando estas vibraciones son elevadas, originan tracciones en las caras laterales no arriostradas del muro que son mayores de las que puede soportar la interfaz adobe-mortero de junta de la estructura causando daños severos en el muro afectado.

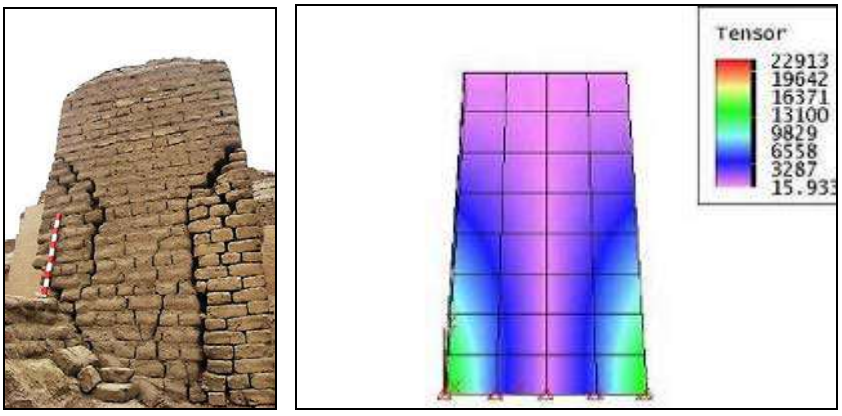


Figura 5. Muro de sección trapezoidal y modelo matemático que interpreta su comportamiento estructural bajo cargas dinámicas, los agrietamientos se forman con un esfuerzo de 0,13 kg/cm^2.

Daños por corte en la sección del muro. Es una combinación de las fuerzas fuera del plano y la gran masa que posee la estructura y le da estabilidad. Este comportamiento mecánico no permite el colapso total del muro. Cuando se producen las grietas, incluso es posible que se disipe energía a través de ellas y la estructura solo colapsa parcialmente.

5. COMENTARIOS FINALES.

Desde el año 2008 el Museo de Sitio de Pachacamac viene ejecutando un programa de conservación de emergencia con el objetivo de conservar los puntos críticos identificados en el diagnóstico general de la zona arqueológica elaborado el año 2007. En el marco de este

programa, se realizan una serie de investigaciones para conocer las características de las estructuras que componen el santuario, los materiales utilizados en su construcción y las técnicas empleadas. Sólo con un profundo conocimiento de sus características y el estudio arqueológico de la historia de la construcción en el santuario Arqueológico de Pachacamac se logra la salvaguarda, autenticidad e integridad del Patrimonio.

-El adobe tuvo poca resistencia mecánica y se logró mejorar el desempeño sismo-resistente empleando técnicas constructivas y mejorando las formas y volúmenes estructurales, lo cual se ve reflejado en los elementos arquitectónicos que constituyen los edificios al interior del santuario Arqueológico de Pachacamac.

-La arquitectura con mayor resistencia sísmica en el santuario son las plataformas masivas constituidas por adobes entramados y los muros de forma trapezoidal del periodo Ychma (1100 d.C a 1470 d.C), esto coincide con el auge constructivo del santuario y el uso masivo de los moldes para la fabricación de adobes.

-Si bien durante la época Inca se ejecutaron grandes obras de infraestructura en el santuario; dichas estructuras son las que tienen peor desempeño frente a los sismos, así lo atestiguan las evidencias arqueológicas de colapsos de muros y plataformas identificadas en el registro arqueológico.

-Los efectos negativos de los sismos se ven multiplicados por la presencia del manto arenoso que amplifica las ondas telúricas elevando sus efectos nocivos, la creación de una robusta arquitectura y formas trapezoidales con características sismo-resistentes, permitió encontrar soluciones para la estabilidad de los edificios a lo largo de 1000 años de manera consecutiva.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Eeckhout, P. (2004) Pachacamac y el Proyecto Ychsma (1999-2003). En *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 2004, 33 (3): 425-448. Lima. Ediciones: Instituto Francés de Estudios Andinos.

Franco, R.; Paredes, P. (2000*). El Templo Viejo de Pachacamac: Nuevos aportes al estudio del Horizonte Medio*. Boletín de Arqueología P.U.C.P, N.-4, pp. 607-630. Lima. Editor: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Lavallée, D. (1965-1966). *Una colección de cerámica de Pachacamac*. Revista del Museo Nacional, Tomo XXXIV, pp. 220-246. Lima. Editor: Museo Nacional del Perú.

Makowsky, K. (2008). *Informe final - Proyecto arqueológico* – Taller de Campo- "Lomas de Lurín" PATL (antes Tablada de Lurín)/ Informe final – Proyecto de Investigación Temporada 2006-2007. Convenio P.U.C.P – Cementos Lima S.A. Lima.

Mingarro, F., Lopez de Azcona M. (1982). Petrología arqueológica de Pachacamac. *Revista Española de Antropología Americana* Vol XII .Madrid: Ediciones: Universidad Complutense de Madrid.

Programa de Conservación de estructuras Inca en Emergencia (2012) Museo de Sitio de Pachacamac – Ministerio de Cultura del Perú. Informe acerca de los ensayos de las muestras de adobes encargados al laboratorio de suelos de la Universidad Ricardo Palma – Lima.

Pinasco, A. (2010). *Punchaucancha Templo Inca del Sol en Pachacamac* (Dios, Astros, Hombres y Muros).Lima. Editor: Alfio Pinaco Carella.

Pozzi-Escot, D. Benuy, K. (2009). Proyecto de investigación arqueológica Calle Norte-Sur del Santuario de Pachacamac. Informe final. Temporada I – Año 2009. Informe entregado al Instituto Nacional de Cultura. Lima – Perú.

Pozzi-Escot, D., Chávez, A., Bernuy, K., Jiménez, C., Cornejo, I., Vargas, J. (2012). La conservación del Santuario de Pachacamac y los terremotos. *XI Conferencia Internacional*

sobre el estudio y conservación del patrimonio arquitectónico en tierra. 23 al 23 de mayo del 2012. Lima-Perú.

Ramos, J.; Paredes, P. (2010). Excavaciones en la segunda muralla-sector Puente Lurín Correlación estratigráfica de los estilos cerámicos durante el Horizonte Tardío en el santuario Pachacamac. En *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* / 2010, 39 (1): 105-166. Ediciones: Instituto Francés de Estudios Andinos.

Rostworowski, M. (2001). *Pachacamac y el Señor de los Milagros*. Una trayectoria milenaria. Lima: Ediciones Instituto de Estudios Peruanos.

Rowe, J.H. (1946). Inca culture at the time of the Spanish Conquest. En: *Steward J.H. (Edition), Handbook of South American Indians*, Vol. II, (pp. 183-330), Bureau of American Ethnology, Bulletin 143.

Tello, J. (2009) *Cuadernos de investigación del Archivo Tello N.- 6. Arqueología de Pachacamac: Excavaciones en el Templo de la Luna y cuarteles, 1940-1941*. Museo de Arqueología y Antropología (Universidad Nacional Mayor de San Marcos).Lima. Editor: Museo de Arqueología y Antropología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Tello, J. (2007) *Cuadernos de Investigación del Archivo Tello N.- 5. Arqueología de Pachacamac: Excavaciones en Urpi Kocha y Urpi Wachak*. Museo de Arqueología y Antropología (Universidad Nacional Mayor de San Marcos).Lima. Editor: Museo de Arqueología y Antropología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Uhle, M. (2003). *Pachacamac. Informe de la expedición peruana William Pepper de 1896*. Traducido por M. Beltroy V. Lima. Editores: Fondo Editorial Universidad Nacional Mayor de San Marcos y COFIDE (Corporación Financiera de Desarrollo).

Currículum

Denise Pozzi-Escot, Licenciada en Arqueología y DEA en Arqueología Precolombina de la Universidad de Paris I- Pantheon- Sorbona. Tesorera de ICOM Perú. Ha sido Asesora de la Dirección Nacional del Instituto Nacional de Cultura, Miembro de la Comisión Nacional Técnica de Arqueología del Instituto Nacional de Cultura. Actualmente es Directora del Museo de sitio de Pachacamac

Katiusha Bernuy Quiroga, Arqueóloga de la Universidad de San Marcos. Desde el año 2008 labora para el Ministerio de Cultura como Jefe de Investigación Arqueológica del Museo de Sitio de Pachacamac, siendo responsable de planificar y supervisar la excavación e investigación del "Proyecto de Investigación y conservación de la Calle Norte-Sur del santuario de Pachacamac".

Henry Torres Peceros, Ingeniero de la Universidad Ricardo Palma del Perú Desde el año 2011 labora para el Ministerio de Cultura como Jefe de Conservación Arqueológica del Museo de Sitio de Pachacamac, siendo responsable de planificar y supervisar la conservación en el "Proyecto de Conservación de Emergencia en el santuario Arqueológico de Pachacamac".

Jorge Aching Vásquez, Arqueólogo de la Universidad de San Marcos. Miembro de ICOMOS Perú - ICAHM y la Sociedad de Arqueología Americana. Actualmente forma parte del equipo de Investigación Arqueológica en el santuario Arqueológico de Pachacamac y realiza excavaciones en la Intersección de las Calles Norte-Sur / Este- Oeste auspiciados por el Ministerio de Cultura.

TIPOLOGÍAS Y PATOLOGÍAS DE LA TÉCNICA DEL EMBARRADO EN CUBA

Fernando Sánchez Rodríguez[1], Belkis Saroza Horta[2], Idamnis Monteagudo Rodríguez[3], Yami Castro Conrado[4], María del Rosario González Moradas[5], Duznel Zerquera Amador[6], Fernando Sánchez García[7]

[1,2] Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba (UCLV)
Tel. (53) (42) 281561
[3] Empresa de Proyectos y Servicios a la Cultura – ATRIO, Cuba
[4] Instituto de Meteorología, Villa Clara, Cuba
[5] Escuela de Minas, Universidad de Oviedo, España
[6] Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad, Cuba
[7] Falcudades FANOR, Fortaleza, Brasil
[1]fsanchez@uclv.edu.cu; [2]belkiss@uclv.edu.cu; [3]ida@atrio.cult.cu; [4]yami.castro@vcl.insmet.cu; [5]mrgmoradas@uniovi.es; [6]duznel@restauro.co.cu; [7]fernando.sanchezgarcia@yahoo.es

Palabras claves: Tecnología de construcción, patrimonio, conservación, patologías

Resumen

Como sucedió en el resto del mundo, en Cuba la tierra también fue uno de los primeros materiales utilizados. En los primeros años de la colonia se construyeron numerosas edificaciones, sobre todo viviendas, utilizando la tierra en forma de tapia, adobe, pero sobre todo a través de la variante denominada embarrado, que fue traída por los conquistadores por sus numerosas ventajas, pero en particular por su buen comportamiento ante acciones como las que generan los sismos y los huracanes.

Lamentablemente, con la introducción de otras tecnologías, la pérdida de oficios que permitían su construcción y sobre todo, la falta de conservación y el acelerado deterioro de esas edificaciones, han provocado una considerable disminución de este patrimonio, siendo en la actualidad muy pocas las viviendas que se construyen utilizando la tierra en cualquiera de sus variantes, y las existentes se encuentran en grave peligro de desaparecer.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados de investigaciones realizadas por los autores en cuanto a las tipologías constructivas y las patologías que se manifiestan en viviendas construidas con la técnica del embarrado, ubicadas en ciudades cubanas cuyos centros históricos tienen grandes valores, algunos declarados Patrimonio de la Humanidad, y en los que la preservación de su patrimonio, en particular el de tierra, tiene connotaciones nacionales e internacionales.

1. ANTECEDENTES

La conservación y rescate de la arquitectura, como parte fundamental de las tradiciones y cultura de una nación, resulta impostergable frente al reto de lograr un desarrollo sostenible en sus múltiples ámbitos: social, cultural, ambiental, económico, etc. Una parte de los edificios históricos que posee Cuba son construcciones que tienen alto contenido de tierra dentro de sus materiales, siendo el embarrado la tecnología que más la emplea. Estas edificaciones datan del período colonial, entre los siglos XVII y XIX, y alrededor de la mitad tienen estado de conservación regular o malo, lo que las hace más susceptibles a fenómenos naturales tan comunes en la isla. En la actualidad este legado de construcciones con tierra es prácticamente ignorado, como consecuencia, entre otros factores, de la introducción de materiales contemporáneos ocurrida a inicios del siglo XX. El embarrado es una de las tecnologías de construcción con tierra más antiguas del país, se utiliza desde los inicios de la colonia (Guía de arquitectura, 2002), pero en la actualidad son muy pocas las viviendas que se construyen con ella y las existentes se encuentran en muy mal estado. La identificación y catalogación de este patrimonio, seriamente amenazado, resulta clave para la conservación.

Este trabajo es parte de una investigación realizada por profesores de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, y la Universidad de Oviedo, España, así como investigadores de Instituciones interesadas y beneficiarias, como el Ministerio de Ciencia y Tecnología, Las Oficinas de Patrimonio de varias ciudades y la Empresa de Proyectos y Servicios a la Cultura – ATRIO, también de Cuba. Contó con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo (AECID) y el Ministerio de Educación Superior de Cuba.

2. MATERIALES, MÉTODOS E INSTRUMENTOS

A partir de que el objetivo de la investigación era caracterizar las tipologías de construcción de viviendas que emplearan la tierra como material principal, y en particular las construidas con la tecnología del embarrado, se realizó un levantamiento en las edificaciones comprendidas en ese universo; se establecieron variables de caracterización definidas en cuatro grupos: rasgos generales del objeto de investigación, nivel de conservación de los tipos, rasgos tipológicos y aspectos tecnológicos, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Grupos Variables que se distribuyeron en cada grupo

Grupos que caracterizan al objeto de investigación	Variables
Rasgos generales	localización, evolución, valores patrimoniales y funcionalidad
Nivel de conservación	integridad, estado de conservación y patología
Rasgos tipológicos	forma urbana, arquitectónica, dimensiones y tipología constructiva
Aspectos tecnológicos	materiales y técnica constructiva

Establecidas estas variables es que se definen los métodos de investigación a aplicar, se hace todo el trabajo de campo y el análisis de los resultados.

Objeto de estudio. Rasgos generales de la muestra

El estudio se realizó a edificaciones construidas con tierra, que tuvieran valores históricos, patrimoniales y ubicadas en la región central en las ciudades de Remedios, Trinidad y el poblado de San Pedro, así como en las ciudades de Holguín, Bayamo y Santiago de Cuba, ubicadas en el oriente del país. La selección de las edificaciones se realizó de forma aleatoria, teniendo en cuenta que fueran construidas con tierra en sus partes estructurales fundamentales y que contaran con su grado de protección patrimonial oficial. Se estudiaron un total de 233 edificaciones. Del total de la población muestra que el 52% posee grado de protección (GP) y de éste, el 30% tiene asignado un GP II.

Con respecto a los usos originales y actuales, se comprobó que se mantiene la función original como vivienda en el 84% de la población, y actualmente el 90% del total tiene esa función. Otros usos son como instituciones culturales y educacionales, y en menor medida este tipo de edificaciones alojó y sigue alojando iglesias.

Caracterización de la tipología constructiva

La tipología constructiva se clasificó atendiendo a los siguientes parámetros: tipo estructural, forma de utilización de la tierra en el muro (masiva o formando una estructura monolítica, por piezas; relleno, recubriendo paños de muro y/o asiento), y también por la técnica constructiva.

Para el análisis de los tipos constructivos se partió de la hipótesis de que en cada región existen elementos que caracterizan la construcción con tierra y le aportan rasgos distintivos, lo que permite afirmar que existe lo que se ha denominado *tipos constructivos*. Estos guardan estrecha relación, pues se mantienen los principales elementos, pero cambia la forma en que se prepara el entramado para recibir la tierra, excepto en el caso del tipo 4,

como se verá más adelante, el único que no es de la técnica de embarrado, en que la tierra se usa como asiento y aglomerante de la mampostería.

Para el análisis de los tipos constructivos se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Principales elementos componentes de la tecnología
- Características de la estructura de madera que recibirá la tierra (esto para la tecnología del embarrado)
- Características del elemento de cubierta, por el hecho de que es uno de los más vulnerables en el contexto del país y que más cantidad de deterioros puede presentar
- Las formas en planta y elevación de prototipos que se obtiene con cada tipo constructivo
- El porcentaje de tierra que puede estar presente en las viviendas de cada zona estudiada

Cálculo del estado de onservación

La metodología aplicada para evaluar el estado de conservación (EC) de las edificaciones fue tomada de la investigación realizada por Monteagudo (2001), que considera la identificación de indicadores de alteración o deterioro, y a partir de la evaluación de los mismos, se realiza un cálculo aritmético para determinar el grado porcentual del deterioro existente en cada edificación. Este estudio se realiza a partir de los registros de campo. La metodología inicial fue ajustada en los dos aspectos siguientes: los criterios y argumentos para asignar evaluación a los indicadores macroscópicos de alteración y el rango de valoración y clasificación del estado de conservación (EC) de la fábrica térrea. En la tabla 2 se muestran estos últimos.

Tabla 2. Rango de valoración y clasificación del estado de conservación de la fábrica térrea

Rango de valoración	Muros en relativo estado de conservación
$0\% \leq EC \leq 15\%$	Crítico
$16\% \leq EC \leq 30\%$	Malo
$31\% \leq EC \leq 50\%$	Regular - Malo
$51\% \leq EC \leq 70\%$	Regular
$71\% \leq EC \leq 85\%$	Bien - Regular
$86\% \leq EC \leq 95\%$	Bien
$96\% \leq EC \leq 100\%$	Excelente

Recomendaciones técnicas para el tratamiento de las lesiones

Las intervenciones para rehabilitar el fondo edificado parten de estudios como los realizados y posteriormente se ejecuta un proyecto específico de intervención. Para estos casos se ofrecen recomendaciones técnicas que establecen los principios que deben seguirse en la intervención, teniendo en cuenta las características de las lesiones, tanto desde el punto de vista de su magnitud, las exigencias técnicas que demandan y la urgencia con que deben realizarse.

Como principios para elaborar las recomendaciones se han definido los siguientes:

- Las recomendaciones son una orientación al proyecto de intervención que se realice, no pretenden sustituirlo, estas solo persiguen un mínimo de racionalidad técnica para evitar mayores daños en la edificación
- Las soluciones que se den en cuanto a materiales y tecnologías deben ser las mismas que las originales. Con esto se pretende garantizar la integridad y los valores patrimoniales, así como que no se produzcan acciones desafortunadas sobre los inmuebles

- Que las soluciones técnicas a cada lesión estén lo más cercanas a las posibilidades económicas y técnicas de los actores a quienes van dirigidas las recomendaciones, pero no se deja de reconocer las distintas posibilidades que existen para tratar las lesiones, y que pueda discriminarse según los recursos de que se disponen y el contexto en que se intervendrá

Mediciones de temperatura y humedad en los muros

El trabajo se realizó siguiendo un proceso metodológico sobre la base de las etapas y contenidos siguientes:

Etapa I: Búsqueda de información y caracterización del objeto de investigación. Caracterización climática de las localidades. Selección de variables climáticas y diseño del estudio en cada localidad

Etapa II: Trabajo de campo para realizar las mediciones de las variables climáticas de temperatura húmeda y seca en ambas caras del muro. Se realiza empleando el Psicrómetro Assmann como instrumento de medición

Etapa III: Trabajo de gabinete. Es donde se determina el comportamiento térmico de los muros. Se aplica el método de cálculo establecido en la NC 053-105, 1983 y los datos referidos en la NC: 053-103, 1983. Se determina el valor de la humedad relativa con el empleo de la Tabla Psicrométrica.

Etapa IV: Correlación entre variables climáticas y el proceso patológico

Se han creado las herramientas necesarias para que el sistema calcule automáticamente el estado de conservación (EC), así como el cálculo del riesgo a partir del índice de vulnerabilidad y el peligro según terremotos o huracanes. El índice de vulnerabilidad se calcula a partir de la vulnerabilidad estructural, vulnerabilidad según el tipo constructivo y el estado de conservación.

Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad se determina sobre la base de las cualidades y propiedades de las edificaciones objeto de estudio y su relación con los peligros que podrían incidir sobre las mismas. Se consideró para este estudio solo la vulnerabilidad física, a partir del análisis del tipo estructural y de elementos referidos a la resistencia física de las construcciones con tierra, lo que conllevó a tener como variables de entrada la tipología constructiva y el estado de conservación. Dentro de los aspectos de la tipología constructiva se definió si la estructura es por apoyos puntuales, los muros, techos, entrepisos, características del material y la técnica constructiva empleada.

La vulnerabilidad (**V**) se expresará desde el punto de vista matemático como un número acotado entre cero (0) y uno (1). Siendo V=0, cuando los daños son nulos y es V=1, cuando los daños son generales.

En el análisis cualitativo de los tipos constructivos, que se describen más adelante, se tienen en cuenta los factores de vulnerabilidad siguientes: desprotección de la fachada ante la lluvia (no poseer aleros, portales u otros elementos de protección), ascensión de humedad por capilaridad en muros, acción del viento sobre la cubierta y las características de los cierres de vanos.

Los criterios de evaluación varían de acuerdo a los factores de vulnerabilidad y se ofrecen en los intervalos siguientes: Muy Alta 7>V≤10; Alta 5>V≤7; Media 3>V≤5 y Baja 1≥V≤3.

El procedimiento para calcular el índice de vulnerabilidad sigue los siguientes pasos.

Primero: se realiza la evaluación para cada edificación de los factores de vulnerabilidad según el tipo constructivo (*Vtipo*), a través de la sumatoria de todos los factores de vulnerabilidad (*FV*) que forman parte de la tipología constructiva:

$$Vtipo = FV_a + FV_b + FV_c + FV_d$$

Donde: ***FV_a:*** Factor de vulnerabilidad según nivel de protección, ***FV_b:*** Factor de vulnerabilidad debido a la ascensión capilar en muros, ***FV_c:*** Factor de vulnerabilidad por acción del viento sobre la cubierta y ***FV_d:*** Factor de vulnerabilidad por las características de los vanos y sus cierres.

Segundo: se determina el valor de la Vulnerabilidad normalizada (Vtipo normalizado), donde a partir de una regresión lineal se acotan los valores entre 0 a 1. El procedimiento establece el valor máximo y mínimo del rango entre la mejor y la peor evaluación teórica.

Tercero: se determina el valor del Estado de Conservación (EC) y se calcula el Estado de Conservación normalizado (EC normalizado) a partir de la regresión lineal de los valores y contraponiendo el valor real contra el valor teórico, por lo que se acotan entre 0 a 1.

Cuarto: se determina el Índice de Vulnerabilidad (***IV***) que refleja la vulnerabilidad estructural de la edificación y expresa los factores de exposición. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$IV = Vtipo_{Normalizado} + EC_{Normalizado}$$

Donde: ***IV:*** Índice de Vulnerabilidad, ***Vtipo normalizado:*** Vulnerabilidad tipo normalizado y ***EC normalizado:*** Estado de Conservación normalizado.

La tierra cruda en las construcciones no es un material susceptible de mediciones matemáticas y fórmulas que sean útiles para definir medidas de conservación y/o restauración. Según nuestra experiencia, son tantas las variables que influyen en cada lugar, época de año, tipo de tierra y sus componentes, clima etc., por lo que aún no se han podido establecer variables constantes que sirvan de ayuda.

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Los estudios se completaron desarrollando un Sistema de Información Geográfica (SIG), herramienta que permite obtener resultados para la toma de decisiones de forma rápida ante cualquier eventualidad climática o sísmica. La herramienta contiene una amplia base cartográfica con mapas a diferentes escalas, así como la siguiente información:

1. Catalogación de los edificios de tierra (fotos, planos, tipos de deterioros)
2. Funciones para el cálculo del estado de conservación de los edificios
3. Funciones para el cálculo de la vulnerabilidad de cada edificación
4. Frecuencia de huracanes por provincias según la categoría del huracán, riesgo ante huracanes y sismos
5. Análisis estadísticos
6. Conjunto de mapas con la representación gráfica de los resultados

Los datos obtenidos han sido incluidos en hojas de cálculo a partir de las cuales se generan tablas. La información está vinculada de tal forma que toda actualización queda reflejada en la base de datos. Dentro de las tablas están: Localización, Evolución, Valores, Funcionalidad, Integridad, Estado técnico, Forma urbana, Forma arquitectónica, Dimensiones, Tipo constructivo, Materiales, Técnica constructiva, Deterioros, Patologías y Vulnerabilidad según tipo constructivo.

3. RESULTADOS

Rasgos tipológicos

Para el Nivel de Conservación se analizaron las variables de Integridad constructiva y Habitabilidad. Con respecto a la primera debe señalarse el predominio de un nivel regular de integridad, al que corresponde el 49% de la muestra. En la muestra son habitables el 85%

de los inmuebles, y se declararon inhabitables las viviendas que presentan un avanzado estado de deterioro y su conservación no es posible desde el punto de vista técnico o económico.

En cuanto a los Rasgos Tipológicos se consideraron las variables siguientes: Forma de la manzana, del lote, vínculo a calle, tipología de la vivienda y Forma Arquitectónica, así como presencia del patio, niveles de la edificación y tipo constructivo.

Caracterización de los tipos constructivos

Realizado el análisis de las viviendas que conforman las muestras por cada ciudad, se obtuvieron los tipos constructivos que son los representativos de la forma en que se construyen las edificaciones objeto de investigación. En la tabla 3 se muestra un resumen de los cuatro tipos obtenidos.

Tabla 3. Nombre, definición y contexto de los tipos constructivos estudiados

Tipo constructivo	Definición	Contexto en que se presenta	Imagen representativa del tipo constructivo
Tipo 1 Embarrado. Variante del encestado	Entramado de horcones, parales y cujes entretejidos entre aquellos. Relleno con tierra y cascajos	Ciudad de Santiago de Cuba	
Tipo 2 Embarrado o embarro	Contenedor formado por horcones, parales y cujes atados o clavados a aquellos. Relleno con bobinas o rolos de tierra y hierba picada	Ciudad de Trinidad	
Tipo 3 Embarrado o embarro	Contenedor formado por horcones, parales y cujes (o alambres) atados a aquellos. Relleno con bobinas o rolos de tierra y hierba picada	Poblado de San Pedro	
Tipo 4 Mampostería	Muros de carga, cierre o divisorios de mampuestos, cascajos y tierra	Ciudades de Trinidad y Remedios	

En el caso del tipo constructivo 1, el contenido de tierra de ordinario puede abarcar más del 50% de la masa del muro y la otra mitad la ocupa el entramado de madera y el encestado[1] o tejido de cujes[2]. Los muros se conforman a partir de un entramado de madera y cujes entrelazados, rellenado con barro y cascajos, y terminación con mortero también de barro y cal (figuras 1 y 2).

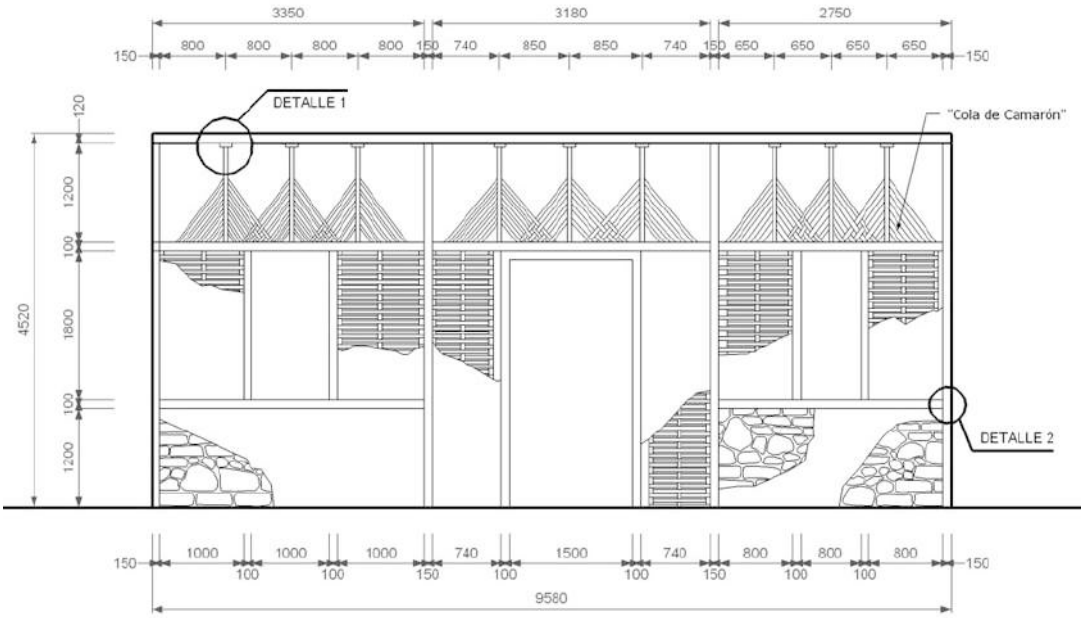


Figura 1. Esquema del tipo constructivo 1

Figura 2. Fachada que muestra los elementos componentes de la tecnología en el tipo constructivo 1

La organización estructural contempla horcones separados entre 2,50 m y 2,60 m que se hincan en el suelo una profundidad de entre 1,00 m y 1,20 m, actúan como los elementos soportantes principales y tienen sección cuadrada de unos 15-20 cm. Entre horcones, y hasta una altura de 1,20 m, se construía un murete o zócalo de mampuestos asentados con mortero de cal. Sobre este zócalo es que se construía el embarrado propiamente dicho, que consiste en una estructura de palos verticales denominados “horconcetes” que se separaban entre 0,50 m y 0,70 m, y los cujes que se entrelazaban formando el entramado que recibía posteriormente el embarro. La unión de los horconcetes a las vigas horizontales era mediante corte con trincha o barreno, y se termina colocando una tabla en forma de zabaleta, llamada también guardapolvo. El entramado de madera para el embarrado se colocaba por lo general a cara interior o a eje. Los tipos de madera utilizadas eran por lo general “Jiquí” o “Caguairán” para los horcones y soleras, y “marabú espinado, mangle rojo o guaniquiqui” para los cujes. El embarrado que cubría el entramado de cujes era conformado con una mezcla de suelo arcillo-limoso y agua. En su desarrollo a esta mezcla

se le adicionaban restos de tejas, piedras pequeñas y en general cascajos que estabilizaban la misma y le conferían mayor resistencia y durabilidad. La terminación del paramento se hacía con mortero de cal.

La casi totalidad de las cubiertas son de madera y tejas criollas, del tipo colgadizo o par hilera, con fuertes pendientes y canales metálicas en las lima hoyas. En los casos de cubiertas en colgadizo se generan a partir de viguetas adosadas a los muros de fachada en las fogonaduras para cubrir la primera crujía, y también la segunda, pero en ésta con una disminución de la pendiente.

Los tipos de plantas más comunes son las cuadradas y rectangulares, y sin portal o corredor al frente, estos resultan la excepción dentro del prototipo. Existe predominio de los patios incorporados dentro de la planta, tanto central como en una de las esquinas posteriores de la parcela (figura 3).

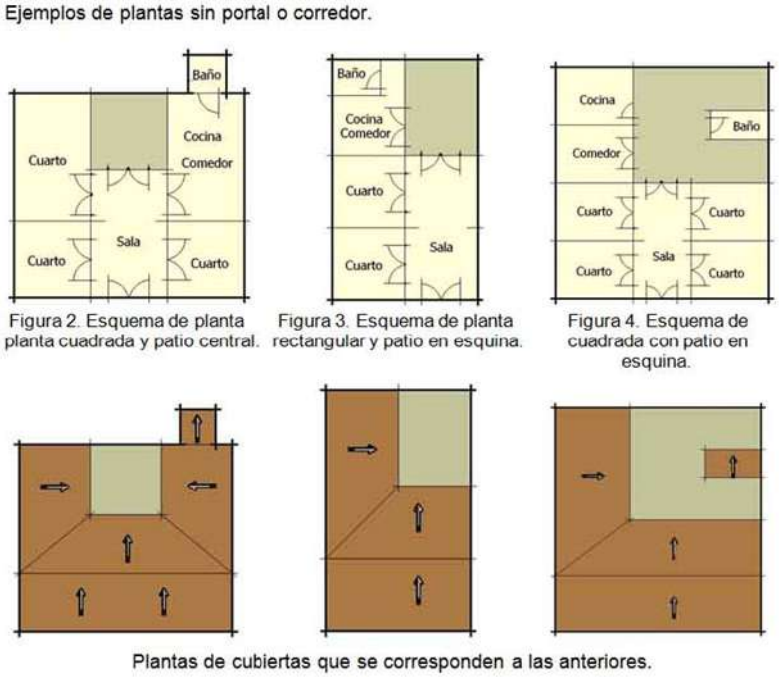


Figura 2. Esquema de planta planta cuadrada y patio central.

Figura 3. Esquema de planta rectangular y patio en esquina.

Figura 4. Esquema de cuadrada con patio en esquina.

Figura 3. Organización en planta y cubierta del tipo 1

El estudio realizado fue similar para los otros tres tipos constructivos, demostrándose que pese a ser una tecnología con elementos invariantes, también existen rasgos distintivos según la región en que se utilice.

Análisis de la patología constructiva y el estado de conservación

El análisis patológico se realizó en 202 edificaciones para un 87% de la población. En las mismas se clasificaron y estudiaron 18 patologías como las más representativas: ocho de tipo estructurales y 10 que tienen como causa la humedad. Se realizó la identificación de los deterioros y se evaluaron en una escala de 0-6 (0-Critico, 1-Mal, 2-Regular-Mal, 3-Regular, 4-Bien-Regular, 5-Bien y 6-Excelente). La figura 4 muestra el promedio de cada indicador de alteración evaluado en las edificaciones.

A partir de la evaluación de las lesiones se realiza un cálculo aritmético para determinar el Estado de Conservación (EC), según la metodología mencionada anteriormente, calculando el grado porcentual del deterioro existente en cada edificación.

Los resultados estadísticos arrojan que el EC se comporta con un valor promedio de 55,61% que corresponde con una evaluación cualitativa de Regular, pero siendo de 25 el valor de Desviación Estándar no se debe concluir que todas las edificaciones se encuentran en ese rango. El valor más repetido de las evaluaciones está por debajo de esta media aritmética y que según la clasificación por rangos del EC se corresponde con un estado de Regular – Mal.

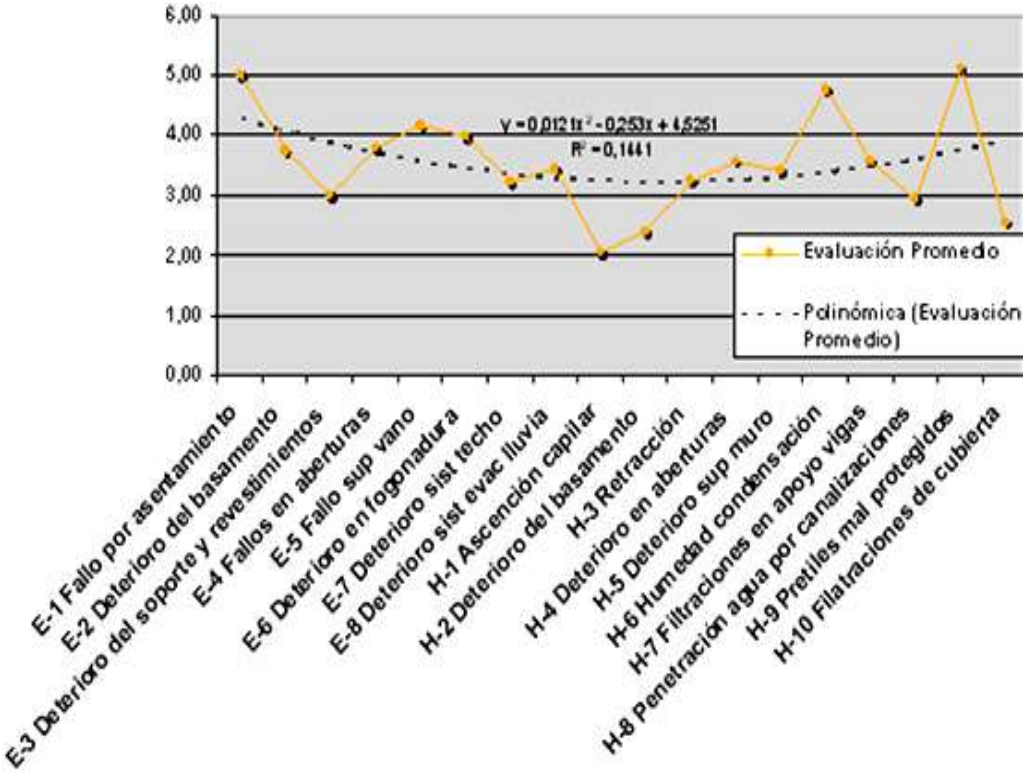


Figura 4. Promedio de cada indicador de alteración evaluado en el total de la muestra

La muestra de la ciudad de Trinidad, declarada Patrimonio de la Humanidad, arroja un EC promedio de 75,48 %, para una evaluación cualitativa de Bueno-Regular, lo que es consecuente con el proceso de gestión de conservación que realiza la Oficina del Conservador en dicha ciudad. Sin embargo, las edificaciones del poblado San Pedro son las que se encuentran en peor EC, con promedio de 39,16, para una evaluación cualitativa de Regular-Malo. En eso influye las características del tipo constructivo y la total ausencia de un programa de conservación por parte de los organismos e instituciones locales.

Dentro de las lesiones que más se manifiestan están las que generan la humedad en la base de los paramentos, afectando el zócalo de mampostería, pero también el resto de la estructura leñosa (figura 5).

Figura 5. Lesiones en el tipo constructivo 1

Recomendaciones técnicas para la reparación y tratamiento a las lesiones

Los resultados en este aspecto se presentan en un grupo de fichas técnicas con recomendaciones para el tratamiento de las lesiones identificadas. Estas recomendaciones técnicas ofrecen elementos orientadores para la realización del proyecto de intervención, teniendo en cuenta la racionalidad técnica y el enfoque sustentable de las soluciones de reparación o conservación que se necesiten aplicar. Las mismas se ofrecen en el *Reporte de Investigación 2008-2011 Arquitectura y construcción con tierra en Cuba. Caracterización de tipos constructivos y estados de conservación,* presentado a la AECID por la Universidad Central de Las Villas, Cuba, y la Universidad de Oviedo, España (Rodríguez, 2011).

Aplicación y valuación de parámetros de humedad y temperatura en los muros de tierra

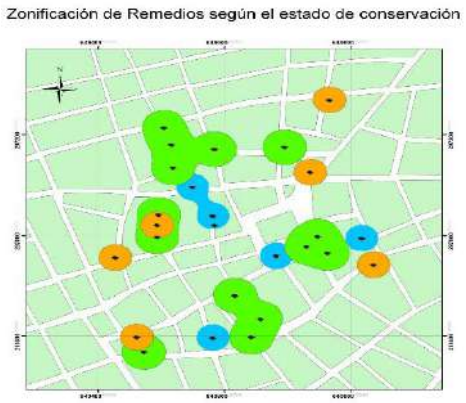
Una vez aplicada la metodología propuesta en la NC 053-105: 1983, se determina la resistencia térmica del material (*R*) y la transmitancia térmica (*U*), a partir de los valores del coeficiente de conductividad térmica y los espesores de muros, datos tomados del estudio de casos en el terreno. Al analizar los resultados se observa que los valores de transmitancia térmica decrecen a mayor espesor de muro, para un mismo valor del coeficiente de conductividad térmica (0.95 y 0.25). El espesor del muro influye en la resistencia térmica del elemento, contribuyendo a la reducción del flujo de calor a través del mismo.

Estudio de peligro y vulnerabilidad

La muestra para realizar el estudio de vulnerabilidad fue de 125 inmuebles, que representan el 54% de la población total perteneciente a las ciudades de Remedios, Trinidad, Santiago de Cuba y el poblado de San Pedro. El índice de Vulnerabilidad más alto pertenece al poblado de San Pedro y en menor medida las edificaciones de Trinidad. Un elemento a señalar es que los valores de vulnerabilidad promedio son similares en las ciudades de Remedios y Santiago de Cuba, aun cuando tienen diferentes tipologías constructivas: Remedios pertenece al tipo constructivo IV (mampostería), y Santiago de Cuba al tipo I (embarrado, variante del encestado). Para estos estudios fue aplicada la Guía de estudios rápidos para la gestión de riesgos de desastres de la Agencia de Medio Ambiente (2005).

Aplicación del SIG

Tabla 4 Clasificación y rango con escala del estado de conservación

Estado de conservación	Rango de valores		Delimitación de zonas según el estado de conservación en Remedios
Excelente	100-96		
Bueno	95-86		
Bueno-Regular	85-71		
Regular	70-51		
Regular-Malo	50-31		
Malo	30-16		
Crítico	15-0		

El Sistema de Información Geográfica se ha empleado como el almacén de datos, tanto cartográficos como temáticos (alfanuméricos) y como la herramienta que maneja este almacén, por tanto no se puede hablar de unos resultados propiamente del SIG. Todos los mapas generados, gran parte de las estadísticas y todos los análisis espaciales se han

generado con esta herramienta. Incluso los análisis llevados a cabo para realizar propuestas para el establecimiento del orden de actuación, se ha realizado con esta herramienta. En la tabla 4 se puede observar una de las aplicaciones de la herramienta. En este caso la zonificación según estado de conservación de las edificaciones estudiadas en la ciudad de Remedios.

CONCLUSIONES

La investigación realizada permitió caracterizar esta tecnología constructiva, que aunque es muy poco usada en la actualidad, constituye un valioso patrimonio en cuanto a las tecnologías constructivas desde la etapa colonial, por lo que es una obligación estudiarla y contribuir a su salvaguarda.

Se clasificaron y estudiaron 18 patologías como las más representativas para el universo estudiado, 8 Estructurales y 10 de Humedad. La acción de la humedad en la base de los paramentos, la ascensión capilar, la disgregación de la masa térrea y la destrucción de la estructura leñosa por acción de los xilófagos, clasifican como las más frecuentes.

Se pudo comprobar que existen diferencias en cuanto a los componentes de la tecnología y la forma en que se conforma el muro como tal, pero también en cuanto a la configuración planimétrica, altimétrica y aspectos espaciales, los que definen una respetuosa y solidaria adecuación al contexto, lo que sin lugar a dudas es la clave de la permanencia de muchas de estas edificaciones a través de varios siglos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Guía de Arquitectura (2002). Oriente de Cuba. Editorial Junta de Andalucía, p. 106

Guía de estudios rápidos para la gestión de riesgos de desastres (2005). Versión preliminar. Centro de estudios para la gestión de riesgos de desastres. Agencia de Medio Ambiente. CITMA. Cuba.

Monteagudo, R. I. (2001). *Caracterización y evaluación técnica constructiva de mamposterías y tapias de tierra de los siglos XVII, XVIII y XIX. Estudio en La Habana Intramuros*. Tesis Doctoral. Facultad de Arquitectura de La Habana, ISPJAE. La Habana.

Rodríguez, M. A.; Monteagudo, I; Saroza, B; Ruiz, P. N; Castro, Y. (2011). Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención. *Revista Informes de la Construcción*. No 523 (julio-Septiembre 2011). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.

Notas

[1] Tejido que se forma al entretejer los cujes por los palos de la estructura, que es similar al utilizado para hacer canastas o cestos con materiales fibrosos de origen orgánico

[2] Piezas de material leñoso de entre tres y cinco centímetros de espesor que conforma el contenedor que se rellenará con tierra

Currículos

Fernando Sánchez Rodríguez, Arquitecto, Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular y jefe de la Disciplina Tecnología de la Construcción de la Facultad de Construcciones en la UCLV. Coordinador del Maestrado Edificaciones Sustentables, Miembro de la Cátedra de Arquitectura Vernácula de la Oficina del Conservador de La Habana y otras organizaciones profesionales. Investiga e imparte docencia de pre y postgrado en las temáticas de las tecnologías de construcción, la sustentabilidad, las patologías y la conservación y rehabilitación de edificaciones.

Belkis Saroza Horta, Arquitecta, Doctora en Ciencias Técnicas. Investigadora del Centro de Investigación de las Estructuras y los Materiales (CIDEM), en la Facultad de Construcciones de la UCLV. Imparte asignaturas sobre materiales y tecnologías de construcción y ha dirigido varios proyectos internacionales y nacionales sobre las construcciones con tierra.

Idamnis Monteagudo Rodríguez, Arquitecta, Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular de la Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Polotécnico "José Antonio Echeverría". Especialista de la Empresa de Proyectos y Servicios a la Cultura – ATRIO, Cuba. Investiga e imparte docencia de pre y postgrado en las temáticas de las tecnologías de construcción, las patologías y la conservación y rehabilitación de edificaciones.

Yami Castro Conrado, Arquitecta, Máster. Especialista del Instituto de Meteorología, Villa Clara, Cuba.

María del Rosario González Morada, Ingeniera, Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular de la Escuela de Minas de la Universidad de Oviedo, España. Dirige grupos de investigación en proyectos internacionales y publicado numerosos artículos en revistas especializadas.

Duznel Zerquera Amador, Licenciado en Construcción, Máster. Especialista de la Oficina del Conservador de la ciudad de Trinidad, Cuba. Participa en proyectos de investigación sobre el uso de la tierra en las construcciones.

Fernando Sánchez García, Estudiante de arquitectura en Falcudades FANOR, Fortaleza, Brasil.

ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL ÁREA ANDINA ARGENTINA. EL APORTE DEL PATRIMONIO RELIGIOSO DE NOA Y CUYO

Gabriela Santibañez, Juan José De Haro, Julia Linares[1]
Ana Chiarello, Lucas Guzmán Coraita, Stella Maris Cazón[2]

[1]Universidad de Congreso, Colón 90, Mendoza, Argentina, arq.mgsantibanez@gmail.com
[2]Universidad Nacional de Tucumán, Av. Roca 1900, Tucumán, Argentina, ana.chiarello@gmail.com

Palabras clave: Área Andina, Arquitectura religiosa, Dimensión material, Tierra cruda

Resumen

La cordillera de los Andes estructura el oeste argentino configurando, desde Jujuy hasta Mendoza, la región andina cuya extensión formó parte antiguamente del Imperio Inca. La variedad de climas, suelos y la presencia humana generaron una arquitectura caracterizada por la diversidad y calidad de las tecnologías basadas en materiales vernáculos. Entre ellos se destacan especialmente la piedra y la tierra cruda, principal material empleado para construcciones de adobe, quincha y tapia, además del uso como recubrimiento mural con fines de protección o incluso ornamental.

La arquitectura religiosa ha permanecido largo tiempo en el territorio, representando un testimonio vivo de la materialidad de épocas pasadas. Las intervenciones recibidas, tanto por voluntad de los pobladores como por impulso oficial, hablan de la importancia de este tipo de bienes patrimoniales, constituyendo ejemplos representativos desde el punto de vista de la significación y la construcción de una identidad cultural.

El presente trabajo se desprende del proyecto de investigación "La dimensión material del patrimonio arquitectónico. Técnicas y materiales en la región Andina: NOA y CUYO", financiado por el Fondo Nacional de las Artes y la Universidad de Congreso (Mendoza) y llevado adelante por un equipo interinstitucional perteneciente a esta última y a la Universidad Nacional de Tucumán. El avance del trabajo nos permite proponer una mirada particular sobre la construcción con tierra cruda del patrimonio arquitectónico religioso, como testimonio cultural perdurable y significativo del área estudiada.

De esta forma, se partió de un relevamiento previo de las regiones mencionadas, que posibilitó el registro sistematizado y detallado de los bienes patrimoniales. Luego se seleccionaron aquellos casos representativos que identifican significativamente a los modos de construcción con tierra cruda como principal material. Finalmente se elaboró un estudio comparativo de los casos seleccionados. Se consideraron entre otras variables las siguientes: época de construcción, lugar de emplazamiento, datos históricos y, específicamente, los aspectos formales y constructivos. A la vez se pretendió considerar la definición de posibles patrones, en función del uso común de la tierra cruda sin descuidar al mismo tiempo la influencia del paisaje natural y cultural en la concreción de las obras.

Analizar y comprender los aspectos materiales y técnicos de la arquitectura religiosa del área andina, permitió evidenciar no sólo maneras de construir con materiales vernáculos, sino también la forma en que esas obras se han mantenido en pie debido a la propia perdurabilidad de esos sistemas constructivos, permitiendo establecer, desde este punto de vista, una lectura de estrecha relación territorial. Los aportes y contribuciones al conocimiento y la difusión de este patrimonio, no sólo en lo histórico-patrimonial, sino en lo material, son insoslayables.

Estos casos hablan de una diversidad de sistemas y a la vez reafirman modos semejantes en cuanto a la materialización de obras en tierra cruda de la región andina. La perdurabilidad de modelos y tipos, de lenguajes y de técnicas constructivas, los erigen en modelos a revalorizarse y ponerse en valor, como testigos vivos que persisten más allá del paso del tiempo, rescatando tradiciones y significados e insertándolos en la actualidad.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de cinco siglos la arquitectura de la región andina ha verificado una relación entre el paisaje natural y cultural que se caracteriza por la utilización de materiales sustentables.

Estos materiales otorgaban una cualidad de identidad y apropiación del entorno adecuada y en relación con las comunidades que transferían de generación en generación sus modos de construir. Desde fines del siglo XX ese equilibrio está en riesgo por la aplicación de técnicas que no son propias a dichos materiales generándose un paisaje cultural que no tiene en cuenta la identidad ancestral, perdiendo paulatinamente la significación de tan importante legado.

En este marco, la arquitectura religiosa que hilvana el área andina, cumple un rol fundamental, ya que su pervivencia en el territorio dada su trascendencia cultural, representa en este caso puntual, la posibilidad del conocimiento veraz sobre las técnicas y materiales de un modo de construcción determinado. Es por ello que la dimensión material del patrimonio arquitectónico del área andina argentina constituye un aspecto clave e ineludible a la hora de desarrollar cualquier acción de preservación de los sitios y edificios del NOA y Cuyo.

Esta presentación pretende contribuir a la difusión colectiva de la dimensión material del valioso legado arquitectónico religioso, construido con técnicas vernáculas, aportando a la toma decisiones responsables y comprometidas para la conservación del patrimonio andino, desde todos los ámbitos.

Al respecto, una serie de interrogantes plantean el abordaje a la problemática:

¿Cuáles son los materiales tradicionales que definieron la identidad constructiva del área andina?

¿Qué tipologías perduraron desde la época colonial hasta la actualidad?

¿Se utilizaron materiales y técnicas tendientes a la sustentabilidad de la arquitectura en relación a su ambiente?

¿Se pueden verificar técnicas, materiales, tipos y lenguajes análogos en Cuyo y NOA?

Las respuestas a estos planteos permitieron guiar y encauzar la interpretación de la información obtenida mediante investigación y relevamientos concretos.

2. LA CONFIGURACIÓN TERRITORIAL DEL ÁREA ANDINA

La región andina está estructurada por la presencia dominante de la cordillera de los Andes y la configuración de un paisaje natural caracterizado por las cimas más altas de América, valles, serranías, quebradas, extensas llanuras aluvionales, mesetas, áreas desérticas y oasis irrigados por ríos de régimen estival, que definen climas variables. Esta diversidad se complementa con la presencia humana desde épocas ancestrales, definiendo culturas que acumulan en su historia un pasado heterogéneo conforme a su proceso de desarrollo desde lo aborigen, atravesando las etapas de dominación hispánica y los procesos de inmigración y emigración, similar en todo Latinoamérica.

Si bien la cordillera de los Andes configura la espina estructurante de toda América del Sur, se considera Área Andina a la unidad que tuvo influencia cultural incaica. El Qhapaq Ñan - Sistema Vial Andino, constituye la suma de caminos y rutas que los diferentes pueblos andinos trazaron, y que luego los incas articularon conformando una única red de proporciones continentales, unificando sus dominios, atravesando los actuales territorios de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

El área andina argentina está compuesta por las regiones del noroeste argentino (NOA) y Cuyo. La primera comprende las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca. La segunda está integrada por La Rioja, San Juan y Mendoza. A pesar de formar históricamente parte de Cuyo, la provincia de San Luis quedó excluida en este estudio, por no poseer relación con la cordillera (Abraham, 2000).

Esta porción del territorio atesora testimonios representativos de las culturas que lo habitaron. De ellos, la arquitectura religiosa interesa especialmente por la perdurabilidad no

sólo de su significación, sino por la particularidad de sus tipologías, lenguajes y, fundamentalmente, sus materiales y sistemas constructivos.

3. LA ARQUITECTURA RELIGIOSA DEL ÁREA ANDINA: NOA Y CUYO.

Si bien la cordillera de los Andes unifica al territorio andino, la realidad de sus regiones puede resultar variable de acuerdo a los procesos de transformación que sufrieron en la época colonial. En el NOA, la Quebrada de Humahuaca en Jujuy, representó históricamente una vía de comunicación entre el sur del continente y el Alto Perú. Una vez consolidado el dominio español, se conformó una secuencia de poblados que, en su mayoría, surgieron gracias a la presencia de aborígenes. En Cuyo, Mendoza constituyó el punto que vinculaba el territorio en sentido Este-Oeste (Buenos Aires-Santiago de Chile). La ciudad se erigió en el centro de mayor importancia en relación a otros menores, cuyos orígenes se encontraron en zona de chacras, asentamientos misionales o postas. En ambas regiones la importancia de los cursos hídricos resultó fundamental: el Río Grande en la Quebrada de Humahuaca y los ríos Mendoza y Tunuyán, en Mendoza.

Estas articulaciones resultaron claves para el impulso de los asentamientos de ambas regiones, y con ellos el desarrollo de la actividad religiosa. Mientras que en el norte la fuerte estructura vial representó un gran beneficio para la expansión religiosa, la incursión evangelizadora en Cuyo se desarrolló con algunas dificultades.

A los efectos de determinar si la arquitectura religiosa en el área andina definió patrones en cuanto a las relaciones con el contexto, las tipologías adoptadas y al desarrollo de la construcción con tierra, entre otros aspectos, se relevaron edificios religiosos de diversas escalas, principalmente iglesias, capillas y oratorios.

El valor de estos ejemplos es insoslayable. Su conservación fue producto de la persistencia de los ámbitos rurales, sobre todo en el NOA, y de la dispersión de los conjuntos religiosos en la zona de Cuyo. En todos los casos es indiscutido el rol de la iglesia como germen de los asentamientos humanos, como “símbolo de la acción evangelizadora española, se constituye en el principal punto de encuentro y lugar de las actividades sociales y religiosas del pueblo, destacándose como un hecho arquitectónico y tecnológico de importancia no sólo por su valor histórico y estético, sino también por su valor social.” (Sosa et al, 2007).

En Mendoza, la actividad sísmica constituye además un factor de importancia que impidió la pervivencia de los ejemplos arquitectónicos más antiguos. De hecho, el terremoto de 1861 devastó completamente la ciudad y sus alrededores. Los edificios más antiguos, los que subsistieron y los inmediatamente posteriores, casualmente religiosos, representan un valor inigualable para comprender no sólo los aspectos técnicos y constructivos, sino los hábitos sociales de la época.

En general, la actividad religiosa de estos sitios desarrolló ejemplos modestos para una acción evangelizadora inminente.

3.1. La arquitectura religiosa de la Quebrada de Humahuaca

La Quebrada de Humahuaca es un angosto y árido valle montañoso, estructurado por el eje del Río Grande, que conecta al cálido y húmedo valle de Jujuy con la elevada, fría y desértica puna. El sistema vial, que articula una rica red de caminos transversales, acumula un tránsito de diez mil años de historia, sin perder vigencia desde la antigüedad hasta la hoy. Las condiciones geográficas y la cultura de regadío influyeron en el trazado de los asentamientos. A diferencia de las ciudades de traza formal española, donde la plaza constituye el espacio generador, es justamente el edificio de la iglesia el que estructura cada poblado, de resultado claramente irregular, en estrecha relación con el marco natural que lo contiene.

En el recorrido de sur a norte, van apareciendo sucesivamente poblados como Tumbaya, Purmamarca, Tilcara, Huacalera, Uquía y Humahuaca. Las iglesias, atesoradas en el corazón de los pequeños núcleos rurales o a la vera del camino, recibieron sistemáticas

intervenciones desde sus orígenes en el siglo XVII, con excepción de la de Humahuaca que data del siglo XVI. La imagen que llegó a nuestros días corresponde al periodo comprendido entre 1850 y 1880.

TUMBAYA

PURMAMARCA

TILCARA

HUACALERA

UQUÍA

HUMAHUACA

Las iglesias se destacan por su mayor tamaño o por su emplazamiento, pero buscan al mismo tiempo, mimetizarse con el resto de la arquitectura e inclusive con el entorno, por medio de su materialidad. De formas simples, los volúmenes puros se recortan notablemente en el perfil del poblado. Algunas poseen un importante atrio cercado por muros bajos de tapia, espacio necesario para la evangelización de los nativos, delimitando el espacio sacralizado del ámbito de la vida mundana. Resulta llamativo este juego de relaciones entre exterior e interior. Mientras la imagen del templo busca destacarse en el conjunto del poblado, el interior, por el contrario, es pequeño y muy austero.

Las iglesias comparten un lenguaje mudejar andaluz, inspirado en la tradición española. Esta característica que a priori produce casos similares, a su vez genera particularidades y diferencias apreciables en cada uno de los ejemplos. Entre las invariantes se pueden mencionar los elementos compartidos en casi todas las iglesias:

- Un volumen puro con techo a dos aguas para la nave única, con una torre adosada, o exenta, en el magnífico caso de Uquía, donde forma parte del muro perimetral de tapia.
- Varios cuerpos dispuestos telescópicamente
- Remates de cupulines piramidales o bulbosos. Tilcara y Humahuaca son la excepción, ambas resueltas con dos torres, presentando esta última la particularidad de ser la más antigua (siglo XVI) pero la única que muestra una fachada de netas formas clásicas, producto de la intervención de 1880.
- En algunos casos, aparecen volúmenes menores para dar solución a la necesidad de sacristía y contrasacristía. Las fachadas son simples, a excepción de Humahuaca, como se explicó, y de Tilcara que está resuelta en un único plano. En el resto se destaca el avance de la cubierta a dos aguas, resolviendo el “cobijo” que dará identidad a esta región. La presencia del coro sobre el acceso es una constante, resuelto por medio de un entrepiso.

En cuanto a los aspectos materiales es conveniente estudiar la masa muraria por un lado y la cubierta, por otro. En relación a los gruesos muros, cuyas dimensiones oscilan entre ochenta centímetros y un metro, la construcción se resuelve con el uso de adobes asentados con barro, cuya dimensión y composición es variable. Los adobes apoyan sobre cimientos de piedras del lugar, quedando en contacto directo con el suelo. Esta situación provoca una constante erosión, a excepción de Tumbaya, donde aparece un sobrecimiento visible de piedra. En Tilcara aparecen contrafuertes laterales y en la cabecera para contrarrestar los empujes de los muros. En general, los gruesos muros dan un aspecto macizo y de gran introversión a los volúmenes, que se acentúa con la aparición de escasas y pequeñas aberturas que permiten el ingreso de una iluminación tenue, al tiempo que contribuyen al manejo de las temperaturas, acorde a los hábitos constructivos de la región para resolver la importante amplitud térmica. En cuanto a las terminaciones, el revoque exterior se realiza como antiguamente a la cal, con colores claros, normalmente blanco, a excepción de Tumbaya que presenta una tonalidad amarilla. Los interiores se resuelven con morteros elaborados con tierra cruda.

La cubierta, en contraposición a los muros, se construye con sistemas livianos que combinan el uso de madera “azuelada”, es decir trabajada a partir de la azuela, una herramienta compuesta por una plancha cortante y un mango corto de madera, que sirve

para desvastar (Moreno, 1995), y torta de barro. Las cabriadas de madera (estructuras de dos pares inclinados y uno recto), armaduras de par y nudillo o artesa invertida (Nicolini et al, 1981), condicionan el ancho de las naves, dando por resultado espacios angostos y profundos. Los entrepisos que albergan al coro se resuelven en madera de cardón, sostenidos mediante ménsulas. En Tumbaya, Tilcara y Humahuaca aparecen tejas cerámicas cubriendo las pendientes de los techos, producto de intervenciones posteriores, cuando lo habitual es la resolución en torta de barro.

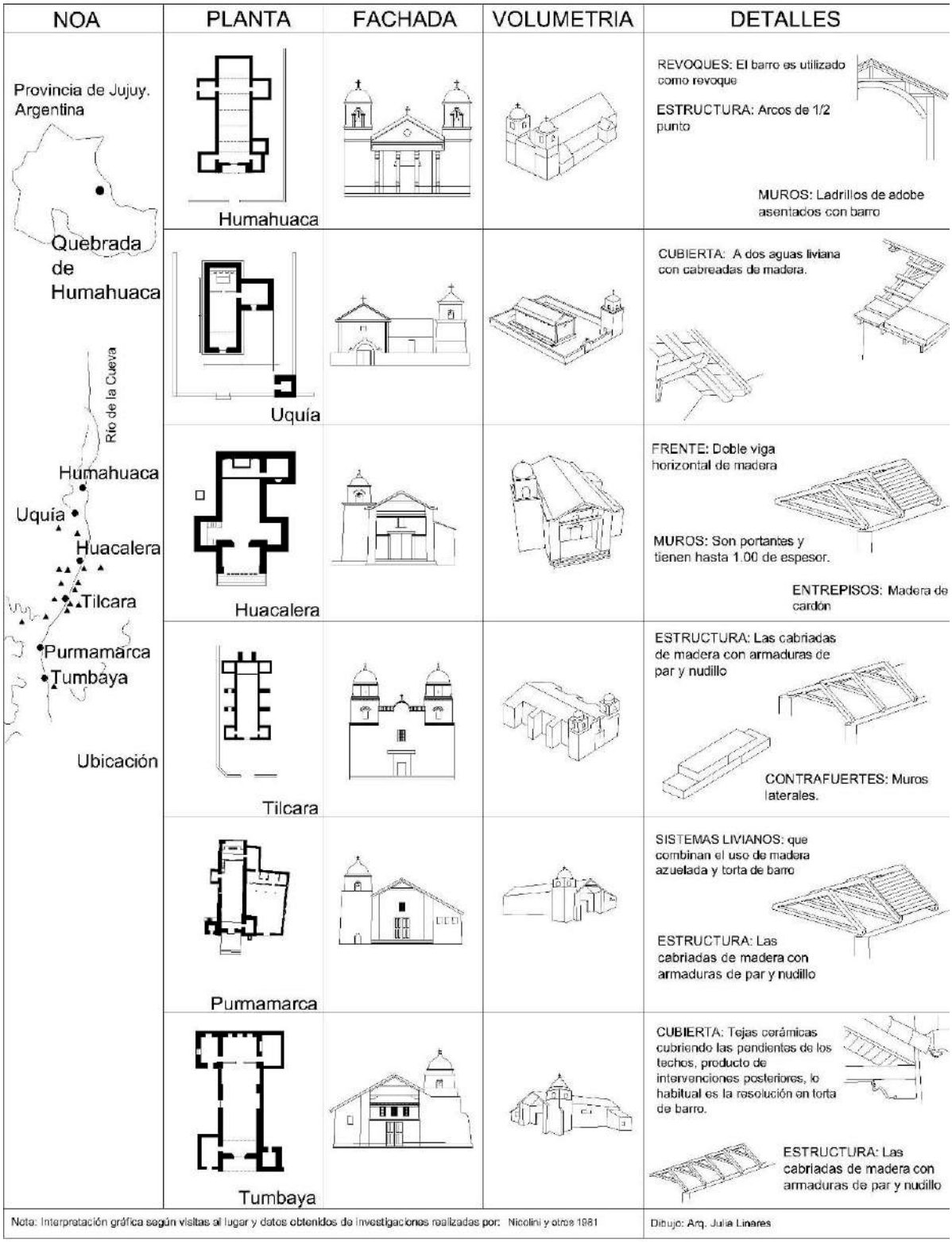


Figura 1. La arquitectura religiosa de la Quebrada de Humahuaca

Las carpinterías de madera han perdurado a lo largo del tiempo, actualmente pintadas con esmalte sintético verde o marrón, según el caso. Las puertas principales con sus dinteles labrados dan cuenta de la antigüedad del edificio ya que normalmente son portadores de la fecha de construcción original, como es el caso de Purmamarca y Tilcara.

Los pisos internos se resuelven con mosaicos calcáreos, como en Tumbaya y Purmamarca, baldosa rojiza en Humahuaca o piezas cerámicas criollas en Huacalera, en ninguno de los casos ya originales. Los pisos exteriores en cambio, se realizan en piedra.

La escasa riqueza decorativa se encuentra concentrada en altares o púlpitos, de mayor o menor trabajo, y en algunos casos, en las ménsulas de madera de la estructura de los techos, así como en la imaginería religiosa que, en muchos casos constituye valiosos ejemplos de la escuela cuzqueña (la colección, incompleta hoy, de Ángeles Arcabuceros en Uquía).

3.2. La arquitectura religiosa de Mendoza

El soporte físico y ambiental sobre el que se establece Mendoza corresponde a una planicie de características semidesérticas, sedimentaria y seca, limitada al oeste por el macizo andino del que descienden ríos caudalosos de régimen estival, que surcan estacionalmente la llanura, serpenteantes, de lecho gredoso, que se transforman en cálidos pedregales en la época invernal. El clima es templado, de una extrema aridez, con días fuertemente soleados y brillantes, y noches frías y diáfanas.

LAGUNAS DE HUANACACHE

PLUMERILLO

GUAYMALLÉN

CARRODILLA

BARRANCAS

ALTO SALVADOR

En esta parte de la región andina, dos factores se vuelven altamente condicionantes: el desierto y el sismo. Por un lado la escasez de agua hace que la intervención de la mano del hombre sea fundamental para doblegar el desierto, generando un oasis donde se insertan los asentamientos. Por otra parte, la realidad sísmica, muchas veces con fuerza destructora, se convierte en una condicionante de importancia para la arquitectura, dando lugar a modificaciones, transformaciones y hasta reconstrucciones parciales. En este marco, la actividad religiosa introducida con la presencia de los españoles, encontró un territorio con asentamientos dispersos y variables en su configuración, producto de las también variables características del paisaje natural y cultural donde se insertan. Dentro de esa estructura se desarrollaron áreas urbanas y rurales con focos de variada intensidad e importancia como son pueblos menores y devociones.

El patrimonio arquitectónico de mayor antigüedad aún en pie en la región, está constituido por la arquitectura religiosa. Los contextos de las obras pueden resultar disímiles: la Capilla del Rosario, en las Lagunas de Huanacache, que data del siglo XVII, como su nombre lo indica se encontraba situada en zona de las lagunas que el río Mendoza formaba en la zona norte de la Provincia. Con la construcción de diques, tierra arriba, para mejorar las áreas de cultivo, se produjo el desecamiento de las tierras y el avance del desierto, allí donde se concentran aún los resabios de la cultura huarpe. Por otro lado, la iglesia del Rosario de Barrancas (ca. 1859) se erigió con fines misionales, allí donde la cultura aborigen local denominada “agrelo”, desarrollaba sus cultivos en las márgenes del río Tunuyán, entre hondonadas y cauces aluvionales irregulares. Más al este, el Oratorio de Alto Salvador sobrevivió a la posta que le dio origen, constituyendo un caso de excepcional valor tipológico y material. Los casos restantes completan el escaso muestrario de arquitectura religiosa construida en tierra que aún persiste. Las obras están repartidas entre los departamentos de Guaymallén (Capilla del Rosario, ca. 1840), Luján de Cuyo (Iglesia de la Carrodilla, ca. 1840) y Las Heras (Capilla del Plumerillo, ca. 1890), situada en tierras que frecuentaba el General José de San Martín, en el marco de la gesta libertadora.

Los esquemas compositivos y las volumetrías son sencillas aunque disímiles y sus dimensiones variadas; las obras no logran constituir un conjunto de concepción homogénea dada la multiplicidad de sus orígenes y la variedad de paisajes donde se insertan. Aunque sí resulta común una evidente relación con su contexto, respondiendo a las características del sitio donde están emplazadas, destacándose notablemente. Algunas se conservan en ámbitos rurales, otras han quedado inmersas en poblados que han adquirido mayor desarrollo. En la mayoría permanece el espacio destinado a atrio, de mayor o menor dimensión de acuerdo al caso.

Es innegable el efecto que los sismos causaron en estos edificios, obligando a continuas reparaciones. Tal es el caso de la Iglesia de Carrodilla, puerta de ingreso al departamento de Luján de Cuyo, ubicada en un tradicional carril mendocino, que luego de un sismo que afectó seriamente su torre única, tomó fisonomía similar a las iglesias quebradeñas del NOA, con su techo a dos aguas avanzado sobre el atrio y una torre de proporciones más bajas. El caso más notable lo representa la Capilla del Rosario de Huanacache, que luego del terremoto de 1861 habría invertido su ingreso y por consiguiente el sentido de la nave, de acuerdo con investigaciones recientes (Marinsalda, 2007). La arquitecta Ana Villalobos[1] ofrece una hipótesis diferente en relación a este cambio radical, relacionándolo con el desecamiento de la laguna.

Ciertos aspectos resultan llamativos en la mayoría de las iglesias mendocinas, como la presencia de galerías, aporte tal vez de la tradición vernácula para mitigar los efectos del clima local. Según Rosa Guaycochea, estos espacios muchas veces permitían la misión evangelizadora a los nativos. (Guaycochea de Onofri, 2001). Es un recurso notable y reiterado, de gran trascendencia. En la Capilla del Rosario de Guaymallén una galería en forma de U conduce desde el zaguán de ingreso al templo en sí, enmarcando un pequeño patio lateral. También se verificó en el caso de la capilla del Rosario de Barrancas, donde un planteo períptero define galerías que envuelven tres de sus lados y, sobre todo, en el Oratorio de Alto Salvador, donde la galería de imponente altura y tres naves, asimila la función de capilla abierta cuando la pequeña capilla abre su portal.

En general, los gruesos muros tienen un espesor similar al del NOA, oscilando también entre los ochenta centímetros y el metro de ancho. Lo habitual es el sistema artesanal de adobes con paja intercalado sobre capas de barro. La Capilla de Rosario de Barrancas presenta un cimiento de piedra bola y canto rodado, propio del lugar, sobre el que asientan directamente los bloques de tierra cruda. El muro que constituye la fachada presenta unas extensiones laterales horadadas por arcos que podrían cumplir la función de contrafuertes, a la vez que contienen a las galerías. La capilla de Huanacache muestra una primera etapa (hasta 1835) con adobes negros, aproximadamente hasta los dos metros de altura. Se trata de piezas elaboradas con barro de la laguna, diferentes de los que se utilizaron para la siguiente etapa cuando fue construida la segunda torre y el coro lateral. Luego del terremoto de 1861, la reconstrucción arrancó desde los dos metros de altura e incrementó la altura de la nave (Marinsalda, 2007). El caso más destacable es la Capilla del Rosario de Guaymallén, que combina en sus muros el sistema constructivo de tapia (hasta la altura de dintel) y luego continúa con adobes asentados con barro. En general, los revoques se resuelven con barro y paja, con pintura a la cal.

Con proporciones variables de una nave (Capillas de Huanacache, Barrancas, Carrodilla, Plumerillo), aparecen excepciones como la Capilla del Rosario de Guaymallén que presenta tres naves separadas con arcos de medio punto, resueltos con la misma materialidad. A pesar de esta complejidad, las estructuras de techo se resuelven, en la mayoría de los casos, con cabriadas y tirantería de madera hachuelada (escuadrada artesanalmente a partir del uso de un hacha), con encañado a la vista, capa de tumbadillo, o eventualmente, cielorraso de lienzo. Huanacache es un caso notable por la resolución de su cubierta con pronunciada pendiente hacia el interior, para recoger el agua de lluvia. Además, sobresalen tres cupulines abovedados, dos de los cuales corresponden a las torres. Aparece también, para enfatizar su gracia, un pequeño balcón exterior de madera, con alero, que servía para oficiar misa hacia el amplio desierto circundante.

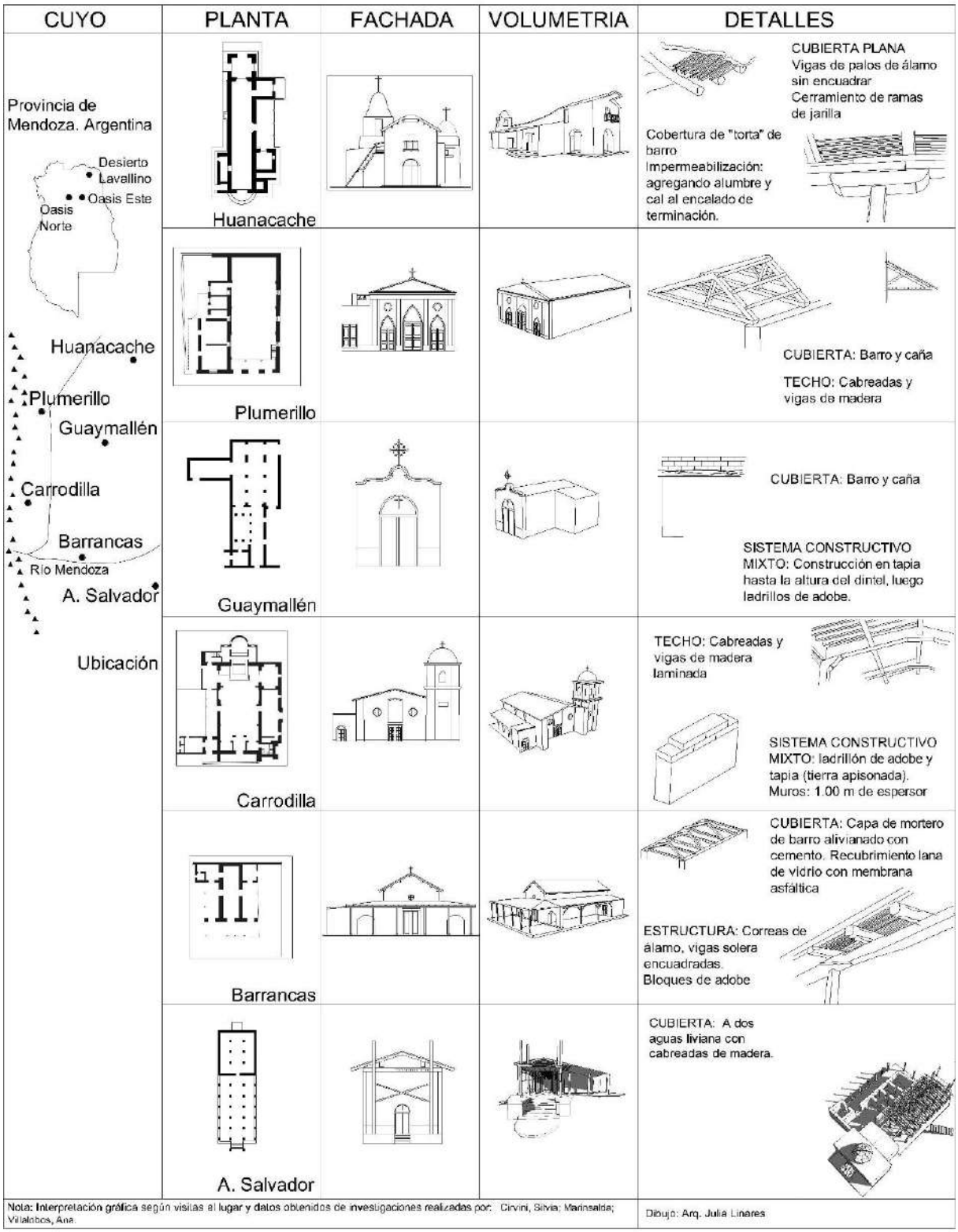


Figura 2. La arquitectura religiosa de Mendoza

En la Capilla del Rosario de Guaymallén, la cubierta es una excepción: es el único caso estudiado de techo plano, compuesto por tirantes, caña y tumbadillo, con terminación de torta de barro. Por otro lado, el Oratorio de Alto Salvador presenta una particularidad en cuanto a su cubierta al estar resuelta con una cúpula de gajos, construida en madera, de base octogonal con tambor y lucernario, coronando el espacio del altar. Por fuera es de latón y tanto en su interior como en su exterior, por medio de la pintura, se simulan sus nervaduras (Cirvini, 1998). Las galerías se resuelven con columnas de madera y cubierta de

torta de barro. En ausencia de una torre campanario, la necesidad se resolvió mediante una estructura de palos a modo de “mangrullo”, que aguarda su restauración ya que el deterioro lo venció durante el último año.

Tanto para la estructura como para la carpintería, las maderas habitualmente utilizadas son propias del lugar: algarrobo, álamo (no autóctono), azueladas y escuadradas, que se unen por encastre. Las aberturas son escasas, permitiendo una iluminación tenue de los ambientes.

Los pisos interiores no son originales, presentando variedad de mosaicos calcáreos, baldosa criolla y ladrillos cocidos.

La resultante interior es austera, resaltando la más bien escasa imaginería religiosa. Solamente se destacan Huanacache, con sus dos coros y la pared curva de su presbiterio (el antiguo ingreso), Carrodilla con su presbiterio profundo y Plumerillo con las tumbas laterales de la familia Segura.

4. CONCLUSIONES.

La arquitectura religiosa de la Quebrada de Humahuaca y de Mendoza presenta algunas similitudes en función de las fechas que han definido las resultantes actuales, lo cual resultó determinante para la elección de los ejemplos.

Es notable la importancia de la presencia del agua, elemento que no sólo estructura el territorio, sino que configura el paisaje tanto natural como cultural y, en definitiva, conduce los destinos del hombre y sus asentamientos.

Al respecto, los templos y su sentido espiritual adquieren un carácter de gran representatividad, ya sea como parte de esquemas rurales o dispersos en el vasto territorio, donde la proximidad a vías de comunicación juega un rol fundamental. Normalmente la escala de los edificios sobresale con respecto al resto de las construcciones que los rodea, impregnando de un sentido místico al lugar.

En ambas regiones es evidente una búsqueda intencional de relación con el entorno y sus aspectos ambientales y culturales: en la Quebrada las iglesias parecen insertarse con naturalidad en los movimientos del suelo, además de mimetizarse con los materiales de las construcciones aledañas. También la presencia de los amplios espacios abiertos, delimitados por tapiales bajos que invitan a acercarse a la actividad religiosa. En Mendoza, la presencia de galerías de variadas dimensiones e importancia en su resolución, atiende las necesidades ambientales.

Con respecto a las intervenciones propias de estos edificios antiguos, la Quebrada ha mantenido las formas, con algunas excepciones puntuales, con más lealtad a los originales que Mendoza, donde los sismos intensos han obligado a intervenciones más profundas, dando lugar a una heterogeneidad de resoluciones morfológicas.

En relación a los aspectos técnicos y materiales, se podría considerar que resultan análogos, comprendiendo la adaptación de los mismos a las características de cada sitio. Los muros se resuelven con gruesos adobes que generan espesores importantes y similares. Según Villalobos[1], la composición de los adobes, tapiales y tortas varía en función de la materia prima disponible en el lugar: la tierra y sus elementos (arcilla, arenas, piedras, limos, etc.), los ligantes que otorgan plasticidad (estiércoles, leches de cactus, etc.) y los componentes que favorecen su elasticidad y resistencia a la compresión (paja, astillas, escobajos, etc.) Con las maderas sucede lo mismo, mientras que en el norte es habitual el uso del cardón, en Mendoza lo es la utilización de las cañas y del algarrobo, como especie autóctona, luego reemplazada por el álamo.

Finalmente, el desarrollo del presente trabajo permite reconocer una primera aproximación al tema abordado, obteniendo reflexiones preliminares que evidencian la necesidad de

ampliar y profundizar los enfoques y los ámbitos de estudio para conocer, interpretar, valorar en su integridad y preservar el patrimonio que constituye la esencia de la cultura andina.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Abraham, Elena (2000). *Recursos y problemas ambientales de la provincia de Mendoza*. Cricyt. Disponible en http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/start.htm

Cirvini, Silvia (1998). *Archivo documental. Inventarios.* Disponible en http://www.ahter.org/inventarios.php

Guaycochea de Onofri, Rosa. (2001). *Arquitectura de Mendoza y otros estudios*. Mendoza Inca Editorial y Talleres gráficos.

Marinsalda, Juan Carlos. (2007). La Conservación del patrimonio arquitectónico de tierra bajo tutela de la Nación en Cuyo. Situación actual y perspectivas. En *Construir con tierra ayer y hoy*, INCIHUSA-CRIATIC.

Moreno, Carlos. (1995). *De las viejas tapias y ladrillos* (4). Buenos Aires. Icomos Comité Argentino.

Nicolini et al (1981) *El Patrimonio de los argentinos*. Vol. 1 y 2. Noroeste: Salta y Jujuy. Sociedad Central de Arquitectos.

Sosa, Mirta et al (2007). Arquitectura religiosa y tecnología, patrimonio e identidad cultural del NOA. En *Construir con tierra ayer y hoy*, INCIHUSA-CRIATIC.

Notas

[1] Entrevista con Ana María Villalobos, arquitecta, especialista contratada por la Dirección de Patrimonio Cultural, Gobierno de Mendoza, para el relevamiento de la Capilla del Rosario de la Laguna de Huanacache y para la restauración de la Capilla del Rosario de Guaymallén y Capilla del Plumerillo (1990-95).

Currículos

Gabriela Santibáñez. Arquitecta. Coordinadora Área Historia y Teoría, Docente Titular, Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Congreso. Docente Adjunta, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad de Mendoza. Maestranda en Maestría en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Latinoamericano (FAU/UNT). Miembro de ICAU (FAUD/UM), miembro de ICOMOS.

Juan José De Haro. Arquitecto. Docente Adjunto, Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Congreso. Docente Adscripto, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (UM). Miembro de ICAU (FAUD/UM). Miembro equipo investigación "La dimensión material del patrimonio arquitectónico. Técnicas y materiales en la región Andina: NOA y CUYO" (FNA y Universidad de Congreso)

Julia Linares. Arquitecta. Adscripta cátedra HAU II B, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad de Mendoza. Miembro equipo proyecto de investigación "La dimensión material del patrimonio arquitectónico. Técnicas y materiales en la región Andina: NOA y CUYO" (FNA y Universidad de Congreso)

Ana Lía Chiarello. Arquitecta. Magister en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Latinoamericano (FAU-UNT). Docente Asociada a cargo de la cátedra Historia de la Arquitectura I (FAU-UNT). Miembro del Instituto de Historia y Patrimonio (FAU–UNT). Co-directora del Programa de Investigación “Evolución del Hábitat en la Argentina y en el NOA” CIUNT.

Lucas Guzmán Coraita. Arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT), Cátedra de Historia de la Arquitectura I. Miembro del Instituto de Historia y Patrimonio (FAU–UNT). Maestrando en Maestría en Historia de la Arquitectura y del Urbanismo Latinoamericano (FAU- UNT). Investigador proyecto de CIUNT 26/B407.

Stella Maris Cazón. Arquitecta. Docente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT). Cátedra de Historia de la Arquitectura I. Miembro del Instituto de Historia y Patrimonio (FAU–UNT). Maestranda en Maestría en Historia de la Arquitectura y del Urbanismo Latinoamericano (FAU- UNT). Investigadora proyecto de CIUNT 26/B407.

CUBIERTAS CON TIERRA EN EL ÁREA PUNEÑA. ACERCAMIENTO A LAS TÉCNICAS Y PRÁCTICAS CONTEMPORÁNEAS EN SUSQUES (JUJUY, ARGENTINA)

Jorge Tomasi

CONICET - Instituto Interdisciplinario Tilcara, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina. jorgetomasi@hotmail.com

Palabras clave: techos, tierras altoandinas, guayado, torta de barro

Resumen

Aunque forman parte del rico universo de la construcción con tierra, aquellas técnicas orientadas a la resolución de las cubiertas no han sido las más consideradas en los estudios académicos. Tradicionalmente estos trabajos se han ocupado más de las problemáticas murarias y los revestimientos. En esta ponencia se describirán y analizarán dos técnicas de techado basadas en el uso de tierra cruda, tal como se han utilizado históricamente en el área de Susques, en las tierras altas de la provincia de Jujuy, en el noroeste argentino. Estas técnicas son el "torteado con barro" y el "guayado"; mientras que el "torteado" consiste en la materialización de una serie de capas de barro sobre la estructura del techo, el "guayado" parte del uso de la "paja brava" embebida en barro líquido que se coloca en diferentes hiladas. Ambas técnicas, y particularmente la segunda, forman parte del patrimonio arquitectónico y tecnológico del área puneña, y de los Andes en general, y requieren de un conocimiento específico por parte de los constructores, que poco a poco se ha ido perdiendo.

En una primera parte, se recorrerán, con un espíritu comparativo, diferentes procedimientos de techado en toda el área andina a partir de la documentación existente. Dentro de esta sección, interesa observar la importancia simbólica que han tenido, y aún tienen, los techos de las casas en el área, y cómo estos son objeto de diferentes rituales durante la construcción. La segunda parte enfocará en el desarrollo de las dos técnicas ya mencionadas, analizando en detalle la totalidad del procedimiento. En paralelo, se observarán los cambios que pudieron haber existido en las últimas décadas en los modos de hacer, y las potenciales patologías involucradas por problemas de ejecución o de mal mantenimiento.

El material al que se recurrirá ha surgido del trabajo de campo continuo desarrollando en el área desde el año 2004, y de las prácticas realizadas en el marco del Proyecto de Extensión Universitaria "Puna y Arquitectura" que se llevó adelante en las localidades de Susques y Rinconada (provincia de Jujuy) entre los años 2006 y 2009. A su vez, se utilizarán fotografías y descripciones históricas que permitirán analizar las transformaciones en las prácticas a lo largo del tiempo.

1. INTRODUCCIÓN

La realización de los techos, probablemente, es una de las tareas más complejas, intensas y significativas de las que deben llevarse adelante a la hora de construir una casa en las tierras altoandinas. Esto está asociado con una serie de cuestiones que vale la pena considerar. En cualquiera de las técnicas que se suelen utilizar es necesario obtener una variedad de materiales que no siempre están disponibles en lugares cercanos: maderas para las tijeras y costaneras, cuero para la realización de tientos o plantas específicas para la confección de sogas, la arcilla para la preparación del barro y, fundamentalmente, grandes cantidades de distintas variedades de paja que debe ser cuidadosamente preparada. Por otra parte, todos los procedimientos presentan muchos detalles que no siempre son dominados por el conjunto de los constructores locales por lo que suele ser necesario recurrir a especialistas para que asistan o dirijan las tareas. Además, el techado de una casa, sea en una nueva construcción o en los mantenimientos periódicos necesarios, requiere de una cantidad de trabajo que suele exceder las posibilidades de las unidades domésticas por lo que es necesario poner en juego relaciones sociales más amplias dentro de estrategias de colaboración recíproca. Finalmente, dentro de la ritualidad que involucra todo el proceso de elevación de una casa, el techado es el momento en el que se realizan

las acciones más densas en relación con el cierre e inauguración de esa construcción, y, en definitiva, el establecimiento de una nueva familia y su reconocimiento colectivo.

En este sentido, el estudio de las características de los techos en los Andes se vuelve significativo en términos técnicos, sociales y simbólicos para pensar tanto acerca de las prácticas constructivas como sobre la vida social de las personas. El reconocimiento de esto implica un punto de partida teórico desde el cual los saberes técnicos están insertos en una trama de significaciones, tal que están socialmente definidos (Dietler y Herbich, 1998). De esta manera, cualquier constructor tiene a su disposición un cierto repertorio, más o menos amplio, de opciones consideradas viables para materializar, por ejemplo, la cubierta de una casa. La selección de una por encima de otra no se explica exclusivamente por razones estructurales, aspectos ambientales, o la disponibilidad de materiales, sino que debe comprenderse en un campo mucho más amplio de preferencias culturales. Como se verá en las próximas páginas, en distintos lugares dentro de las tierras altoandinas se reconocen técnicas particulares para la resolución de los techos, variaciones sutiles, o las mismas resoluciones con nombres diferentes. Lejos de homogeneizar, lo que se busca en este texto es justamente reconocer y poner en valor la diversidad que se presenta en la construcción de techos con tierra en los Andes.

Este trabajo se propone dos objetivos específicos. El primero es establecer un balance comparativo preliminar sobre las distintas técnicas orientadas a los techos, tomando distintos casos que se han documentado en el norte de Chile, Perú, Bolivia y Argentina. El recorrido que se establecerá mostrará tanto rasgos compartidos como variaciones, y pondrá en evidencia la necesidad de más investigaciones sistemáticas en una escala local sobre la cuestión. El segundo se orienta a la caracterización de las técnicas basadas en uso de la tierra cruda para la materialización de cubiertas en dos localidades puneñas de la provincia de Jujuy (Argentina) como son Susques y Rinconada. Al respecto de esto, luego de algunas consideraciones sobre las estructuras de los techos, se analizarán dos técnicas concretas: el “guayado” y el “torteado”. Mientras que la primera consiste en el armado de una cubierta de paja embebida en barro, en la segunda se realizan una serie de capas continuas de barro. El material que se empleará para el desarrollo ha surgido del trabajo que campo que se viene desarrollando en Susques desde el 2004 y de las actividades del proyecto “Puna y Arquitectura” en la misma localidad y en Rinconada (Tomasi y Rivet, 2011).

Figura 1. Ubicación de Susques y Rinconada en la provincia de Jujuy (Elaboración propia)

Si bien los objetivos y el desarrollo se orienta concretamente a la problemáticas de las cubiertas con tierra, es necesario partir de la comprensión de que éstas están insertas dentro de un sistema constructiva total (Guerrero, 2007). De esta manera, el modo en que se resuelven los techos es indisociable del resto de las resoluciones que se adoptan en la elevación de una casa, tal que, por ejemplo, la morfología y las técnicas de los muros están condicionadas y condicionan la configuración y materiales de esas cubiertas. En términos más generales, hablar de una cultura constructiva implica insertar las decisiones técnicas puntuales en una trama más amplia que involucra decisiones tecnológicas, formas de

organización sociales y formas específicas de comprender el mundo que se ponen en juego en toda práctica arquitectónica.

2. LA CONFORMACIÓN DE LOS TECHOS EN LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS ANDINAS CONTEMPORÁNEAS

El objetivo de este primer acápite es realizar un recorrido por algunas de las técnicas contemporáneas para la realización de techados dentro de las culturas constructivas de distintos grupos campesino-indígenas en los Andes. La intención es brindar un panorama general que permita contextualizar las observaciones que se realizarán luego sobre los procedimientos en las localidades de Susques y Rinconada. En este sentido, este recorrido no busca ser exhaustivo, ni agotar todas las referencias, sino más bien tomar algunos casos significativos en Chile, Perú y Bolivia que nos permitan reconocer tanto los rasgos comunes que se presentan en las técnicas como las importantes variaciones que existen. Al respecto de esto, un primer obstáculo que surge es la falta de relevamientos sistemáticos en una escala local que permita establecer este tipo balance comparativo. En buena medida, se recurrirá a retazos de descripciones que no siempre permiten reconstruir un panorama general sobre los procedimientos empleados. Es interesante observar que la mayor parte de las referencias que se consignarán no surge de investigaciones arquitectónicas, sino de etnografías sobre las sociedades campesinas andinas, en el marco de su interés en las significaciones de los techos de los casas y de los diferentes rituales que se llevan adelante en el momento de su elevación o reparación.

Probablemente, las descripciones más detalladas con las que se cuenta son las realizadas, en especial durante de la década de 1970, en distintos sectores en el norte de Chile. Una de las primeras referencias es la de Šolc (2011 [1975]) quien analizó el complejo proceso de techado de las casas en Enquelga. Según lo indicó en su texto, la armadura de las cubiertas a dos aguas se realizaba con troncos de queñua para formar las “tijeras”, con las “costaneras” dispuestas transversalmente para unirlas, hechas con tablas de cardón. Todas las piezas se ataban con “correhuelas” de cuero remojado. Sobre esta armadura se colocaban tres capas diferentes de “paja ichu” cada una con una técnica específica. La primera, tal vez la más particular, recibía el nombre de “p’ira” y consistía en una plancha flexible de paja y barro que se colocaba en franjas sobre la armadura y permitía el apoyo homogéneo de las capas subsiguientes. Esta “p’ira” se preparaba disponiendo en el piso una capa de “ichu” suelta en distintas direcciones, y sobre ésta un barro relativamente líquido que se extendía uniformemente con las manos y luego se lo pisaba para compactarlo y disminuir su espesor. Mientras aún permanecía húmeda, resultaba una especie de lámina que se disponía en franjas solapadas sobre la armadura. Sobre la “p’ira” se colocaba una capa de unos 20 cm de paja “ichu” de baja calidad y suelta que proveía aislación térmica. Finalmente, para la tercera capa se utilizaba la paja más larga y de mejor calidad que se colocaba en manojos parcialmente embebidos en un barro líquido. Estos manojos se disponían en hiladas horizontales, desde abajo hacia arriba, en franjas verticales de no más de 1 m de ancho, siguiendo un procedimiento similar al que se describirá más adelante en nuestra área. Contreras Álvarez (1974) describió una técnica similar en la Pampa de Lirima, también en el norte chileno, en el que también se confeccionaban estas planchas flexibles, que en este caso recibían el nombre de “tactas”. Las “tactas” se cortaban en pedazos de 1 m de ancho por 2 a 2,5 m de largo y se colocaban sobre la armadura de tijeras y costaneras (“quiras”) de ramas o cañas atadas con tientos de cuero. Al igual que en Enquelga, sobre la “tacta” se dispone la capa final de paja embebida en barro dispuesta en franjas solapadas.

Para la zona del Alto Loa, particularmente en Caspana y Ayquina, Castro (2009) refirió un procedimiento ligeramente diferente de techado, en el que el apoyo no se realizaba con estas planchas flexibles, sino que se materializaba con una capa de paja “cortadera” que se disponía en forma alternada con “barro arcilloso”. Sobre esta superficie se realizaba la capa de terminación, en un modo similar al ya mencionado, con paja “ichu”. Serracino y Stehberg (1975), en el área del Salar de Atacama, en Guatín, en las cercanías de San Pedro, dieron

cuenta del empleo de una técnica similar a partir del uso de la misma paja cortadera para realizar la superficie de apoyo sobre las armadura de tijeras de “chañar” y “cardón”.

Para Bolivia, probablemente una de las primeras descripciones tal vez sea la de Metraux (1931, p.106-107) respecto a los particulares techos con forma de cúpula de las casas circulares entre los Chipayas:

> *La construcción de estos techos de paja, capaces de resistir las terribles tormentas del altiplano, es una verdadera obra maestra: los arcos que soportan la cúpula son hechos con haces de ‘tolas’ atadas por los extremos y encajadas en huecos abiertos en la parte superior de las paredes. Sobre esta armazón los Chipayas extienden una especie de linóleo hecho de paja y barro, que impermeabiliza el techo. Todo el techado es cubierto con paja sólidamente fijada por una red, cosida a la armazón*.

De acuerdo a lo referido por Metraux, sobre este armazón de ramas flexionadas, se disponía una capa de características similares a las mencionadas por Šolc y Contreras Álvarez para el norte chileno. La terminación se realizaba con paja que no se adhería con barro, como en otros casos, sino que se sostenía con una malla de cuerdas, que a su vez se ataban a la estructura del techo. Un sistema que también ha sido descripto en diferentes lugares del Perú.

En lo que constituye uno de los aportes más importantes respecto a los sentidos de la casa en los Andes, Arnold (1998) recorrió detalladamente el procedimiento de techado en Qaqachaka, en el límite de los departamentos de Oruro y Potosí (Bolivia). El proceso comienza con la colocación de las tijeras de madera, sobre las que se dispone una serie de sogas trenzadas de paja (“iru wich’’u”), dispuestas en forma paralela que van entrelazando cada uno de los palos y que conforma una suerte de malla sobre la que se dispondrá luego las dos capas de la terminación realizadas ambas con paja brava: una primera que da hacia el interior del recinto y termina de conformar una superficie de apoyo, y una segunda, con el agregado de barro, que da la cobertura exterior. La separación de los dos tipos de paja es un trabajo que realizan las mujeres, desenredando los manojos que fueron recolectados, mientras los varones arman la estructura del techo. Aunque no se desarrollará aquí, el aspecto más significativo del trabajo de Arnold radica en su análisis del simbolismo de cada uno de los elementos constructivos que se emplean y de las distintas “ch’allas” que se realizan durante todo el trabajo de elevación de una casa, a través de los cuales las personas “reconstruyen su visión cosmológica y la misma casa se convierte en una representación del cosmos” (Arnold, 1998, p.36)

En el marco de sus trabajos clásicos sobre los pastores de Paratía, en Perú, Flores Ochoa (1967), también realizó algunas consideraciones sobre las características de los techos, particularmente en las “estancias”, las residencias permanentes en el campo. De acuerdo a sus descripciones, los techos se conformaban con un armazón de palos de “kewña” atados con tientos de cuero y formando lo que denominó como “pies de gallo” en los extremos de la casa, ante la ausencia, en general, de mojinetes. Sobre esta estructura se disponía la paja que, a su vez, era sostenida con sogas trenzadas de paja embarrada que atravesaban la casa de un lado a otro por encima de la cumbrera, y que recibían el nombre de “wasi hapina” (agarra-casa) o “kawallo” (caballo). Estas referencias al uso de las cuerdas para afirmar las cubiertas de paja también están presentes en el trabajo de Gose (1991) sobre los rituales de techado de las casas en Huaquirca (Perú). El procedimiento del “wasichakuy” como se lo conoce, se suele desarrollar entre finales de agosto y comienzos de septiembre, justo antes de la siembra. Las tareas comienzan con la paja, “ichu”, en las zonas altas, para, al día siguiente iniciar el techado propiamente dicho. Las cuerdas se realizan con la paja recientemente cortada y se utilizan, primero, para formar una superficie de ramas paralelas que se atan contra la estructura del techo y sirve como apoyo de la cubierta. Luego, con las mismas cuerdas se asegura la cobertura final de paja. En este trabajo pueden llegar a participar más de 30 personas que se distribuyen en cada uno de los faldones del techo.

Sendón (2004) se refirió también al “wasi chakuy”, en este caso el repaje de la iglesia de Marcapata (Perú), una “costumbre” que “implica toda una recreación simbólica y social del

espacio y de los grupos sociales marcapateños" (2004, p.54). Todo el procedimiento, que se realiza cada cuatro años y se desarrolla durante cinco días, tiene una cierta complejidad en buena medida por la escala que implica una construcción de las dimensiones de una capilla, pero, como este investigador lo ha planteado, no se aleja de las características técnicas que se presentan en la arquitectura doméstica. En forma sintética, la resolución técnica de este techado consiste en una serie de palos, los "carrizos", que se disponen transversal y longitudinalmente sobre la estructura de tijeras del techo de la iglesia formando una densa trama. A esta se le "atan" las distintas cargas ("q'epe") utilizando una soga, que recibe el nombre de "q'eshwa", realizada con hojas de "niwa", una planta de la selva. La paja ("ichhu"), que es constantemente preparada durante los días de trabajo, se dispone en dos capas, ambas atadas a los "carrizos", una por debajo y otra por encima que alcanza espesores de, a lo menos, 30 cm.

Si bien todos estos son sólo retazos que sintetizan al extremo técnicas constructivas mucho más complejas, es posible retomar algunos puntos comparativos. Pareciera ser una constante que los techos se conforman a partir de la agregación de diferentes capas sucesivas, cada una con sus funciones y resoluciones específicas como ser el acondicionamiento interior, el armado de estructuras de soporte, la protección frente a los agentes ambientales y la definición de una expresión, en términos estéticos hacia el exterior y el interior. En buena medida, esta superposición de capas permite incrementar la inercia térmica de las cubiertas a partir de la creación de diferentes cámaras de aire, y aumentar la protección hidrófuga a partir de suma de distintas barreras de diferentes densidades. Un rasgo característico es la creación de una estructura de apoyo sobre la armadura del techo. Estas estructuras, como se ha repasado, pueden consistir en las planchas flexibles de barro y paja que se realizan en Enquelga o Lirima, las capas de paja cortadera como en el Alto Loa o de paja brava como en Qaqachaka, o las tramas de ramas y palos que se arman en Huaquirca o en Marcapata. Viñuales (1994) se ha referido a estas soluciones como "entramados para techos", considerando que su diversidad surge de las características de los materiales que se utilizan. Estos entramados son claves para la realización del techo puesto que colaboran con el arriostramiento de las piezas estructurales del techo, materializa la terminación hacia el interior de la casa, y brinda una superficie uniforme o continuo para la materialización de la capa exterior de paja.

Sobre estas tramas se disponen los manojos o cargas de paja, en todos los casos con algún tipo de tratamiento para unificarla, que proveen la principal aislación y la terminación final. En esto también es posible reconocer variaciones locales importantes que se podrían integran en dos grandes grupos: unos en los que la paja se adhiere entre sí y a la cubierta utilizando una preparación de barro relativamente líquido, y otros en los que la totalidad de la capa se sostiene mediante sogas, en general también de paja tejida, que atraviesan el techo en distintas direcciones. En todos los casos, estas cubiertas requieren un trabajo de mantenimiento y repaje, con instancias rituales muy importantes como en Marcapata, en períodos que oscilan, dependiendo de los lugares, entre los cuatro y los diez años. Todos los autores que se han reseñado, incluso los de las décadas de 1960 y 1970, pusieron en evidencia que estas técnicas se encontraban en un cierto retroceso frente al avance del uso de los techos de calamina, tanto en las áreas urbanas como en las rurales.

3. DOS TÉCNICAS LOCALES

Para comenzar a caracterizar las técnicas empleadas para el techado en el área de estudio, se puede recurrir a dos breves descripciones de la primera mitad del siglo XX sobre las casas en Susques. La primera fue realizada por Daniel Cerri (1993 [1903], p.41) en el año 1900,

> *sus míseras habitaciones son pircas con un techo compuesto de paja y arbustos malamente colocados, con el objeto ostensible de ampararse de los ardientes rayos solares más que de las lluvias tan raras en esas altas regiones*.

Por su parte, Eric Boman (1991 [1908], p.429-430) observó en 1903 que en las casas,

El techo de paja está soportado por una cimera a dos aguas. La cumbrera y las vigas reposan directamente sobre los piñones y sobre los muros. Cumbrera, contrafuertes, cabriadas y paneles son todos de madera de cactus-cirio, única madera de construcción que existe en Susques.

Más allá de las miradas estigmatizadoras sobre las técnicas de construcción puneña, que ya se han analizado en un trabajo anterior (Tomasi, 2011), estos breves párrafos permiten un primera caracterización de las materialidades de las cubiertas en el área. Se trataría de techos con armaduras de tijeras realizadas con tablas de madera de cardón (*Trichocereus pasacana*), sobre las que se ataban las costaneras y la cumbrera del mismo material, para luego disponer encima la cubierta exterior realizada de paja o "guaya". Estos rasgos generales son, en principio, congruentes con algunos de los procedimientos que se llevan adelante hoy en día en el área. Un punto saliente es que en todas las referencias con las que se cuenta hasta ya avanzado el siglo XX, la única técnica que se refiere es la del "guayado", el techado con paja, sin que aparezca mencionada la torta de barro, que hoy en día, al menos en Susques, es la más utilizada. De la misma manera, las descripciones mencionan sólo los techos a dos aguas con tijeras, siendo que actualmente, como se verá, es mucho más habitual la realización de una única agua con tirantes que se apoyan en los muros.

Para tener una idea de la presencia actual de estas técnicas constructivas, es posible recurrir a los datos surgidos del Censo Nacional de Población del año 2001. En los detalles de los "materiales predominantes" en los techos de las casas en las áreas urbanas consta que en el pueblo de Susques el 74,87% de los casos presentaba una mayoría de techos realizados con Calamina, mientras que el 25,12% era de "torta" o "guaya". En Rinconada, sólo en el 6% predominaban los techos con estas técnicas, mientras en las restantes también sobresalía el uso de calamina. Ahora, si se considera la muestra propia de 84 casos tomada en Susques y se abandona el criterio de "material predominante", es posible observar que el 85% presenta al menos un recinto "guayado" o "torteado". Esto permite pensar sobre al menos dos cuestiones. La primera es que pese al retroceso en el uso de estas técnicas desplazadas parcialmente por la calamina, lo cierto es que siguen estando vigentes. La segunda es que esta última se sumó a un repertorio de técnicas y las personas que la eligen para cubrir un recinto pueden preferir el "torteado" para otro. Esto es importante puesto que habilita una mirada menos binaria de ciertas técnicas frente a otras.

Estas técnicas, tanto el "guayado" como el "torteado", han sido analizadas en distintas investigaciones más recientes que se constituyen como un punto de partida para este texto. Los más específicos son sin dudas los realizados por Rotondaro (1984) y Rotondaro y Rabey (1988) en distintos lugares de la Puna, particularmente en el área de Barrancas, sobre ambas técnicas. Por fuera de sus trabajos, una referencia importante son los estudios realizados por Delfino (2001) respecto a la arquitectura en Laguna Blanca, provincia de Catamarca, hacia el sur de Susques, donde consideró algunos de los aspectos respecto a cómo se llevan adelante estas técnicas allí. Deben considerarse los trabajos que se efectuaron en Susques sobre el conjunto de las técnicas de construcción con tierra, con referencias importantes sobre el techado (Pujal et al, 2002; Ramos et al., 2004). En un volumen de reciente publicación sobre la arquitectura doméstica puneña (Ryvet y Tomasi, 2011), se incluyeron textos específicos sobre el "guayado" (Daich y Palacios, 2011) y sobre la "torta de barro" (Rivet y Tomasi, 2011).

3.1 El armado de la estructura

Las técnicas tradicionales de conformación del armazón consisten en la realización de techos a dos aguas a partir de la colocación de "tijeras" basadas en el sistema característico de "par y nudillo" con dos piezas principales que dan la pendiente y una horizontal que las arriostra, llamada "torillo". Lo más habitual solía ser que se utilizarán tablas de madera de cardón, aunque también hemos registrado en algunos casos el uso de troncos de queñua (*Polylepis sp.*) particularmente en las "estancias" de pastoreo. Las diferentes piezas se unen entre sí utilizando tientos de cuero de llama, cortados particularmente del sector del lomo por su grosor, que se utilizan remojados y luego al secarse se contraen y afirman la unión.

En las construcciones más antiguas se registra el uso de “clavos” de ramas de tola (*Parastrephia sp.*) para evitar que las tijeras “pateen”. Aunque hoy en día prácticamente no se realiza, una solución que solía ser habitual para evitar esta patología era darle una ligera inclinación hacia el interior a los muros laterales como una forma de contrarrestar ese empuje de las cabreadas. Las luces a cubrir rara vez superan los 3 m, salvo en casos como las capillas donde pueden superar fácilmente los 5 m. Las pendientes que deben lograrse son un tema importante porque deben permitir el escurrimiento rápido del agua, pero evitar el deslizamiento del material del techo. De acuerdo a la muestra con la que se ha trabajado, tanto para los casos “guayados” como para los “torteados” estas pendientes deben ser superiores a los 20° e incluso en las construcciones más antiguas están por encima de los 40°, siendo que lo ideal oscila entre los 30° y los 40°. De todas maneras, existen variaciones importantes al respecto tal que en la localidad puneña de Antofagasta de la Sierra, con muchas menos precipitaciones, los techos no suelen superar los 10°, y Rotondaro y Rabey (1988) han indicado que lo habitual en la Puna jujeña es que las pendientes se encuentren entre 14° y 20° para los techos de torta y entre 40° y 45° para los de paja. Las tijeras se apoyan directamente sobre el muro de adobe o piedra cada 50 a 60 cm, sin que exista ningún tipo de viga collar para evitar las habituales fisuras en el punto de contacto. En el momento de la presentación, las tijeras se encadenan con sogas hasta que se encuentran en su posición definitiva, para luego unificarlas con las “costaneras” y la “cumbrera”, también de cardón, que se atan con tientos. Estas alfajías no necesariamente son continuas sino que se utilizan retazos de 50 cm a 1 m de largo que se disponen en la medida de las necesidades. Mientras la inmensa mayoría de las construcciones más antiguas, tanto en Susques como en Rinconada, presentan techos a dos aguas, en la actualidad es cada vez más común que las personas se inclinen por realizar una sola, aunque de todas maneras vayan a realizar un “torteado” o “guayado”. En estos casos, la estructura principal del techo se realiza con vigas con piezas únicas de madera, muchas veces industrializadas, sobre las que luego se colocan las costaneras, de un modo similar a lo indicado más arriba, siendo que las pendientes suelen estar entre los 20° y los 30°.

Figuras 2. Estructura de un techo en Susques con sus tijeras y alfajías (Fotografía propia)
Figura 3. Detalle de las tijeras de queñoa y el entramado de tola en Rinconada (Fotografía propia)

Sobre la estructura de tijeras y costaneras se materializa el entramado de apoyo, tal como en los casos arriba referidos, que permite la realización posterior del “guayado” o “torteado”. Una de las posibilidades, tal vez las más tradicional, es la realización de una “cama” con haces de paja, particularmente chillagua (*Festuca argentinensis*) tejidos con tientos. La chillagua debe tener entre 50 cm y 1 m de largo por lo que se confeccionan franjas de ese ancho que se ubican a lo largo del techo, desde abajo hacia arriba, que a su vez se atan al armazón. En algunos casos, ante la falta de chillagua, también se utiliza paja cortadera (*Cortaderia sp.*). Otra de las resoluciones habituales, que en Rinconada recibe el nombre de “chajria”, consiste en utilizar ramas de tola, particularmente de la variedad “vaca” que provee los tramos más rectos y largos o “checal” (*Fabiana densa*), y unirlas en forma paralela con tientos. Es habitual que estas ramas se limpien de las hojas y flores, pero se deje en los extremos para darle una mayor densidad de material al armado. A diferencia de los

entramados con chillagua que se confeccionan en el piso y luego se suben, la “chajria” se arma directamente sobre la cubierta. Es importante considerar que aunque estas soluciones siguen teniendo actualidad, cada vez es más común que se realicen coberturas completas con cañas atadas con alambre, de un modo similar al que se emplea en los valles y quebradas cercanas, como la de Humahuaca. Como parte de la preparación de la estructura general para la realización de la cobertura final, en el tramo superior del muro se desplazan las hiladas de adobes o se arman salientes con piedras lajas, para armar la parte inferior de los aleros que deben proteger las paredes del escurrimiento de agua.

3.1 El “guayado”

Como lo ha planteado Delfino (2001), el término “guaya” deriva del quechua “waylla”, que significa “paja”. La técnica del “guayado” consiste en la realización de una cobertura completa del techo con manojos de paja que se disponen en franjas horizontales que se solapan unas con otras y logran su adherencia por estar parcialmente embebidos en un barro líquido altamente arcilloso. En este sentido, se diferencia claramente de los techados con paja que se han referido más arriba, en especial para Perú, donde el material es atado a la estructura del techo.

Tanto en Susques como en Rinconada se utiliza para esta técnica una paja conocida como “iro” o “brava” (*Festuca sp.*), que se denomina “guaya” luego de que es procesada para su utilización en el techo. Este procesamiento, que suele comenzarse mientras se está armando la estructura del techo, se conoce como “gavillado” y “majado”, y consiste en armar manojos de unos 5 cm a 10 cm de diámetro, el corte de las raíces y el golpeado para retirar todas la paja corta y suelta que luego se desprenderá provocando una pérdida del material en la cubierta. En algunos casos se deja parte del material sin majar para utilizarlo como “colas”, es decir los manojos que se colocarán como soporte de los aleros. Simultáneamente debe comenzar el proceso de preparación del barro, que tiene sus propias complejidades, se inicia con la excavación de un pozo de entre 1,5 m y 2 m de diámetro y una profundidad que puede llegar hasta más de 1 m, dependiendo de la superficie que debe techarse. En este pozo se vuelcan grandes cantidades de agua y agrega poco a poco la arena y la arcilla, evitando la presencia de piedras. Esta mezcla se revuelve constantemente durante varios días para integrarla y obtener una consistencia viscosa, ligeramente líquida, en un estado plástico. El punto justo debería permitir que el barro penetre entre las fibras en los manojos cuando se los sumerja, pero debe tener la consistencia suficiente para que no se desprenda durante su transporte. Cada manojo se sumerge hasta la mitad de su longitud, abriéndola las fibras para que el barro pueda ingresar. En el caso de la “guaya” lo que se sumerge es el extremo donde estaba la raíz, mientras que para las “colas” se hace lo inverso.

El proceso concreto de techado es una actividad intensa que requiere de la participación de muchas personas que cumplen diferentes roles. Dependiendo de las posibilidades, una o dos personas permanecen constantemente en el techo, otras dos transportan y suben los manojos de paja con barro, otros deben estar embebiéndolos en el pozo, mientras se debe seguir majando la paja, todo esto en forma constante para que no se corte la continuidad del trabajo. Quienes están en el techo, van avanzando desde abajo hacia arriba, un faldón a la vez, trabajando en franjas verticales de no más de un metro para poder alcanzar cada parte del techo sin dañar el trabajo realizado. La primera tarea consiste en el armado de los aleros con las “colas” que deben extenderse entre 10 cm y 15 cm por fuera de las salientes de piedra. La rigidez del tramo inferior de la paja permite que se sustente. Luego se coloca paja suelta, descartada en el proceso de majado, que recibe el nombre de “cijne” y tiene la doble función de rellenar las potenciales irregularidades del entramado de apoyo y dale más densidad a la cubierta. A partir de esto, se comienza con la colocación de la “guaya” comenzando desde la parte inferior y poniendo el extremo con barro hacia arriba. Sucesivamente se van completando las hiladas superponiendo unas con otras hasta llegar a la cumbrera donde la última debe pasar unos 20 cm hacia el otro faldón. A medida que se avanza con el trabajo, los “guayadores” van tirando sobre la paja colocada barro líquido adicional extraído del pozo, y “peinan” el techo golpeándolo hacia abajo con un palo, para

compactarlo y unificar la terminación. La existencia de irregularidades puede provocar luego la acumulación de agua y potenciales filtraciones hacia el interior.

Figura 4. Una pequeña capilla doméstica “guayada” en Susques (Fotografía propia)

Una cubierta de “guaya”, bien realizada, puede durar más de 5 años, con casos que se han mantenido hasta por 10 años sin grandes reparaciones, siendo que llegado ese momento, se debe retirar el material viejo, y volver a repetir el mismo proceso. Al respecto, Delfino (2001) indicó que en Laguna Blanca se sostiene que un “guayado” no necesita ser mantenido durante aproximadamente 8 años. De acuerdo a los datos recabados por Pujal et al. (2002) el tiempo oscila entre los 6 y los 8 años, mientras que Rotondaro y Rabey (1988) refirieron duraciones de entre 2 y 4 años. El “guayado” suele ser valorado localmente puesto que se sostiene que provee una buena protección frente a las lluvias del verano y una adecuada aislación térmica. Sin embargo, simultáneamente se señala la complejidad del trabajo que requiere, la cantidad de personas que deben convocarse y las dificultades para conseguir la cantidad de paja suficiente, lo que ha llevado a que, particularmente en Susques, sean cada vez menos las casas en las que se utiliza el “guayado”. Ciertamente, no puede dejar de considerarse la continua estigmatización de estas técnicas y la falta de constructores especializados como una de las razones que colaboran con su abandono.

3.2 El “torteado”

Tal como se indicó más arriba, las descripciones de la arquitectura puneña a lo largo del siglo XX muestran con claridad que la técnica dominante era la del “guayado” sin que existan referencias en el área al uso de la torta de barro, que sí se encontraba extendida en otros lugares cercanos, como la Quebrada de Humahuaca. Esto podría ser congruente con las referencias de Delfino (2001) respecto a que esta última técnica sería una introducción más reciente en las localidades puneñas. En lo concreto, en la actualidad, en Susques, no así en Rinconada, se trata de la técnica más extendida, dentro de las tradicionales, y es considerada como propia por la población local, que no la observa como una influencia externa. En términos generales, la técnica consiste en la conformación de una serie de capas uniformes de barro y paja de diferentes espesores sobre el entramado del techo. El trabajo comienza varios días antes del techado con la preparación del pastón con una proporción de arcilla y arena que oscila entre 1:2 a 1:4, dependiendo de la calidad de la arcilla y de las preferencias de los constructores. A esta mezcla se le incorporan diversos estabilizantes mecánicos y químicos. El principal es la paja picada, que debe esparcirse a medida que se prepara la mezcla para que se distribuya en forma uniforme, puesto que evita las fisuras durante el proceso de secado. Dependiendo de los lugares, se le suele incorporar también “guano”, fecas de llamas, cabras u ovejas, que se extrae directamente de los corrales. Rotondaro y Rabey (1988) también han señalado el uso de ceniza en la preparación del barro. En este caso, el barro sí puede tener pequeñas piedras que actúan como un agregado grueso. Los constructores de mayor edad sostienen que el pastón se preparaba hasta una semana antes, y se lo iba batiendo todos los días, incorporando agua, puesto que de esa manera la “barro se pudría” correctamente y el “torteado” duraba más

tiempo sin filtraciones. Lo habitual hoy en día es que el barro se prepare el día anterior o incluso el mismo día, lo que se observa como la causa de la mala calidad de los techados.

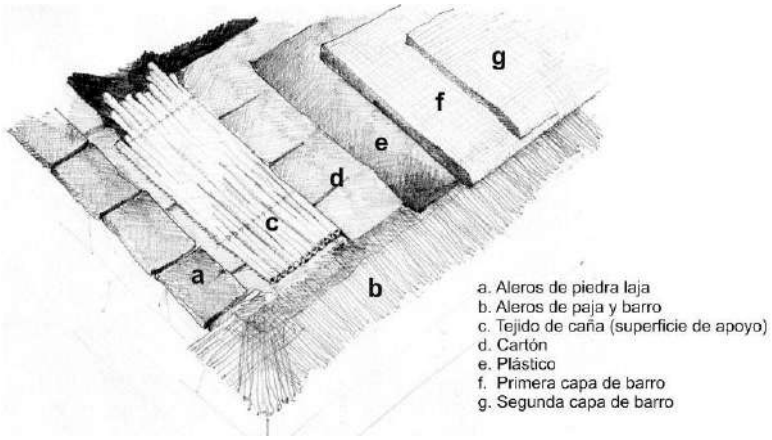


Figura 5. Esquema de las distintas capas para un “torteado” en la actualidad (Elaboración propia)

Para el “torteado” también son necesarias de una cierta cantidad de personas, aunque menos que en el caso del “guayado”, para que la tarea pueda realizarse con agilidad en un solo día. El primer paso es el armado de los aleros utilizando la misma paja “iro” dispuesta como “cola” debajo, y como “guaya” luego, buscando que se proyecte hacia afuera entre 20 y 30 cm. En lo que se refiere al “torteado” concreto, es común que se distribuyan distintos pastones con diferentes grados de humedad alrededor de la casa que se debe techar para tener siempre material prácticamente listo para utilizar. Tal como lo indicó Rotondaro (1988), lo habitual es que se realicen dos capas diferentes, una primera de “base” que alcanza los 5 cm de altura y otra de “desgaste” que suele tener hasta 3 cm. Es esperable que la primera capa en el momento del secado se fracture y la segunda aplicación precisamente viene a compensar esto. Pese a esto, también es común que se realice todo el trabajo en una sola capa que puede alcanzar hasta 8 o 10 cm de altura. La colocación se realiza en franjas verticales desde arriba hacia abajo, alisando sucesivamente cada una de las colocaciones con una cuchara. Esta es precisamente la parte más delicada puesto que se debe lograr un espesor uniforme en toda la superficie de la cubierta.

De acuerdo a las miradas locales, un “torteado” bien realizado brinda una protección adecuada frente a las lluvias durante un tiempo que oscila entre los 2 y los 4 años, lo que coincide con las referencias de otros autores (Rotondaro y Rabey, 1988; Delfino, 2001; Ramos et al., 2004). Transcurrido ese tiempo, y dependiendo de la respuesta del “torteado” realizado, se suele retirar parte del material existente y sumar una nueva capa siguiendo el procedimiento ya descripto. En los últimos años se registra la incorporación de distintos materiales alóctonos con los que se busca compensar la pérdida de capacidad aislante del barro utilizado y estirar el tiempo entre cada nuevo “torteado”. La principal, y ya plenamente establecida, es la colocación de un plástico por sobre el entramado, y antes de la colocación del barro, en la mayoría de los casos colocando cartones debajo para evitar que las cañas lo dañen. Más reciente es el agregado de una capa final de cemento con la que se pretende evitar el agregado periódico de barro.

5. CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo se han considerado diferentes técnicas de construcción con tierra aplicadas a la materialización de cubiertas en los Andes, poniendo un especial énfasis en las características del “guayado” y el “torteado” tanto en Susques como en Rinconada. Estas últimas, pese a las transformaciones que se han registrado en las últimas décadas, muestran una notable persistencia en ambas localidades, la igual que en otras del noroeste argentino. Tal como se ha sólo esbozado en estas páginas, ambas presentan una importante complejidad en los procedimientos que se deben llevarse adelante, involucrando diferentes materialidades. Como cualquier otra técnica constructiva, son adecuadas para dar

respuesta a ciertas necesidades y presentan límites en sus posibilidades que deben conocerse.

Un rasgo a destacar es la importante variabilidad que se ha podido reconocer a través de este balance comparativo preliminar que requiere de nuevas investigaciones locales para poder establecer relaciones más densas entre las distintas soluciones empleadas. Tal como se planteó en la introducción, el camino no es homogeneizar las culturas constructivas sino más bien poner en evidencia la riqueza de las tecnologías locales como parte de un patrimonio constructivo contemporáneo. En este sentido, el reconocimiento, estudio y valoración de estas técnicas locales, comprendidas dentro de sus amplias y densas tramas culturales, se vuelve fundamental como un paso previo para cualquier tipo de intervención que se busque realizar. Particularmente en un contexto en el que estas prácticas constructivas continúan siendo estigmatizadas recurrentemente en nuestros países tanto desde los organismos oficiales como desde diversas instituciones privadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold, D. (1998). La casa de adobe y piedras del Inka: Género, memoria y cosmos en Qaqachaka. En *Hacia un orden andino de las cosas*. La Paz: Hisbol/ILCA, pp.31-108.

Boman, E. (1991 [1908]). *Antigüedades de la región andina de la República Argentina y del desierto de Atacama*. San Salvador de Jujuy: Universidad Nacional de Jujuy.

Castro, V. (2009). *De ídolos a santos. Evangelización y religión andina en los Andes del sur*. Santiago de Chile: Ediciones de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.

Cerri, D. (1991 [1908]). *El territorio de los Andes. Reseña geográfica descriptiva por su primer Gobernador el General Daniel Cerri*. Universidad Nacional de Jujuy.

Contreras Álvarez, C. (1974). Arquitectura y elementos constructivos entre los pastores de la Pampa de Lirima (prov. de Tarapacá). En *Revista de Geografía Norte Grande* N°1, pp.25-33.

Daich, L.; Palacios, T. (2011). El guayado: aprendizajes desde el trabajo de campo en Susques y Rinconada. En *Puna y arquitectura. Las formas locales de la construcción*. Buenos Aires: CEDODAL, pp.101-112.

Delfino, D. (2001). Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca, Catamarca, Argentina). En Kuznar, L. (Ed.) *Ethnoarchaeology of Andean South America*. Michigan: International Monographs in Prehistory, pp.97-137.

Dietler. M.; Herbich, I. (1998). Habitus, techniques, style: An integrated approach to the social understanding of material culture and boundaries. En *The Archaeology of Social Boundaries*. Washington: Smithsonian Institution Press, pp.232-263.

Flores Ochoa, (1967). *Los pastores de Paratia. Una introducción a su estudio*. Cuzco.

Gose, P. (1991). House rethatching in an andean annual cycle: Practice, meaning, and contradiction. En *American Ethnologist,* Vol.18, N°1, pp.39-66.

Guerrero Baca, L.F. (2007). *Patrimonio construido con tierra*, México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Metraux, A. (1931). Un mundo perdido. La tribu de los Chipayas de Carangas. En *Sur*, 1 (3), pp.98-131.

Pujal, A., Marinsalda, J.C.; Nicolini, A.; Demargassi, C. (2002). Conservación de arquitectura de tierra en la Puna de Atacama. En *La tierra cruda en la construcción del hábitat*. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.

Ramos, A.; Nicolini, A.; Demargassi, C.; Marinsalda, J.C. (2004). Arquitectura de tierra. Medio ambiente y sustentabilidad. ¿Sustentabilidad o adaptabilidad? en los pobladores de

Susques, noroeste de Argentina. En *Tercer Seminario Iberoamericano de construcción con tierra.* San Miguel de Tucumán: Proterra – CRIATIC, pp.121-131.

Rivet, C.; Tomasi, J. (2011). Que el barro esté bien liviano. El torteado con barro en los techos de Susques y Rinconada, provincia de Jujuy. En *Puna y arquitectura. Las formas locales de la construcción*. Buenos Aires: CEDODAL, pp.113-123.

Rotondaro, R. (1984). Arquitectura natural de la Puna jujeña. En *Arquitectura y Construcción*, 41, pp.38-41.

Rotondaro, R.; Rabey, M. (1988) Experimento tecnológico sobre techos de tierra mejorados en la Puna jujeña de la región andina. En *Foco de tecnología apropiada*, 26, pp.2-13

Sendón, P. (2004). El *wasi chakuy* de Marcapata. Ensayo de interpretación de una 'costumbre' andina. En *Revista Andina* 39, pp.51-73.

Serracino, G.; Stehberg, R. (1975). Vida pastoril en la precordillera andina (Guatin, San Pedro de Atacama, Chile). En *Estudios Atacameños* N°3, pp.73-88.

Šolc, V. (2011 [1975]). Casa aymara en Enquelga. En *Chungara*, Vol.43, N°1, pp.89-111.

Tomasi, J. (2011). *Geografías del pastoreo. Territorios, movilidades y espacio doméstico en Susques (provincia de Jujuy)*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Tesis doctoral.

Tomasi, J.; Rivet, C. (2011). *Puna y arquitectura. Las formas locales de la construcción*. Buenos Aires: CEDODAL.

Viñuales, G. (1994) *Arquitectura de tierra en Iberoamerica*. Editorial Habiterra.

Currículo

Jorge Tomasi, Arquitecto, Magíster en Antropología Social, Doctor de la Universidad de Buenos Aires, área Geografía, y becario posdoctoral del CONICET. Desde el 2004 trabaja en la localidad de Susques, provincia de Jujuy, indagando sobre la arquitectura, las técnicas de construcción con tierra, el espacio doméstico y las territorialidades pastoriles altoandinas.

INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL EN LA IGLESIA SAN PEDRO APÓSTOL DE ANDAHUAYLILLAS EN CUSCO, PERÚ

Julio Vargas[1], Rafael Aguilar[2], Mauricio Gonzáles[3], Carolina Briceño[4]

Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú; E-mail [1]jhvargas@pucp.edu.pe; [2]raguilar@pucp.pe; [3]emgonzales@pucp.pe; [4]a20084720@pucp.pe

Palabras claves: Patrimonio, Tierra, Diagnóstico Estructural, Reforzamiento

Resumen

La Ingeniería ha desarrollado en las últimas décadas nuevos criterios de diseño sísmico basados en el desempeño, que es el análisis de la estructura después de fisurada. Sin embargo, la aplicación de estos criterios, originalmente planteados para estructuras modernas, es todavía un tema de discusión cuando se estudian edificaciones históricas. Esta filosofía de diseño, sin un criterio apropiado, podría implicar soluciones de refuerzo intrusivas, y por tanto inaceptables, para cumplir los objetivos de desempeño de una obra patrimonial. Desde 1983, los criterios de diseño de estructuras históricas de tierra basados en el desempeño han sido estudiados en la Pontificia Universidad Católica del Perú y los resultados de esta investigación han originado documentos recientemente publicados, incluso como textos doctrinales de ICOMOS.

Los nuevos criterios de diseño e intervención de estructuras históricas de tierra son presentados y utilizados en el presente artículo para estudiar la iglesia de San Pedro Apóstol de Andahuaylillas. La Iglesia se encuentra ubicada a 41 km de la ciudad del Cusco en Perú. Esta Iglesia es destacada en América y es Patrimonio Nacional del Perú desde 1980. La construcción de la Iglesia se atribuye a finales del siglo XVI o inicios del siglo XVII, y debido a la belleza de sus pinturas interiores, es posiblemente la iglesia construida en tierra más importante del país y una de las más importantes de la región. La Iglesia ha sufrido una serie de intervenciones desde hace varias décadas que consistieron sólo en trabajos de puesta en valor y conservación estética. Lamentablemente, en los últimos años, se ha evidenciado una serie de problemas estructurales de carácter global y local que implican riesgos de inestabilidad estática y dinámica.

Este artículo presenta una parte del estudio estructural integral que se viene realizando en la Iglesia con el objetivo de determinar su comportamiento ante cargas de gravedad y de sismo. En el artículo se muestra el detalle de los materiales, identificación del sistema estructural y sus patologías. Se proponen también algunas soluciones estructurales urgentes para sectores específicos (estructura del presbiterio y piso del coro). Finalmente, se presentan los resultados de estudios de identificación de propiedades modales de la torre de la Iglesia, así como los resultados de modelos computacionales que se vienen desarrollando para entender su comportamiento estructural.

1. ANTECEDENTES

Históricamente, cuando los individuos toman conciencia de los valores estéticos, históricos o religiosos de una obra de arte o majestuosa que provoca sensaciones de aprecio, valoración por sus cualidades y respeto, nace la idea de realizar acciones preventivas para su cuidado o permanencia. Como precedente, milenios antes a la aparición de las cartas de conservación adoptadas por ICOMOS en el siglo XX, los conceptos de conservación de los grandes edificios públicos, obras de valor cultural religioso, de gobierno o de poder, pasaron desde la necesidad de conservarlos enterrados bajo nuevas etapas constructivas más grandiosas, en actos de respeto, temor y adoración a sus dioses como en Caral hace más de 5000 años en América (Vargas et al, 2011) hasta la sacralidad del lugar y no el edificio mismo. En él se realizaban acciones radicales, incluso demoliciones, en la época de las culturas griegas y romanas, antes de la cultura cristiana.

Como se muestra en González (2000) y Hernández (1999), en las culturas occidentales europeas de la Edad Media, las crisis políticas, los problemas socio-económicos y la falta de conciencia histórica no eran conducentes al aprecio de la arquitectura de valor patrimonial.

Hasta el siglo XIV se respetó el esplendor de las culturas clásicas, por motivos fundamentalmente filosóficos. Durante el Renacimiento aparece una corriente que se orienta hacia el testimonio greco-latino en busca de inspiración y surge una conciencia de investigación de sus monumentos. En el siglo XVIII se realizan excavaciones arqueológicas en la colina Palatina (1720), Villa Adriana (1724-1742), Pompeya (1748) y se presenta la toma de conciencia del valor documental de los edificios y la conciencia de un patrimonio artístico e histórico. En Francia, la revolución de 1789, ocasionó la reparación estilística que demolió catedrales y estatuas. Sin razón, fue iniciada la sistemática destrucción de todas las grandes estatuas del portal de la fachada de Notre Dame y la Catedral misma se salvó de milagro ya que en diciembre de 1793 estaba lista para ser demolida. Ante la observación de signos de deterioro por el uso, paso del tiempo o desastres, sublevaciones y guerras, Occidente se pregunta cómo intervenir físicamente la obra de arte desmejorada para restituir su capacidad física-estructural. Se produce el reforzamiento estructural del Foro Romano y Foro Trajano (1800). En el siglo XIX, se impone la actividad del *restauro archeologico*, que realizaba actividades para completar o consolidar los edificios culturales antiguos.

Ludovic Vitet (1830), encabeza la reacción contra la inútil destrucción de los edificios históricos de Francia. Próspero Merimeé (1834), establece un nuevo criterio, “cuando las trazas del antiguo edificio inicial han desaparecido, la decisión más juiciosa es que deben copiarse motivos análogos de un edificio de la misma época o de la misma provincia. Viollet-le-Duc (1814-1879), es el iniciador de la restauración moderna. “Restaurar un edificio no significa conservarlo, repararlo o rehacerlo, sino obtener su completa forma prístina. Proclama la idea de suprimir todos los añadidos posteriores para conseguir llevar el monumento a su unidad estilística original. John Ruskin (1819-1900), expresa con sentido purista *Restauración… significa la más completa destrucción que puede sufrir un edificio…destrucción acompañada de una falsa descripción del objeto destruido… No hablemos, pues de restauración*.

Ante la necesidad de aunar criterios y regular las intervenciones, aparecen en el siglo XX la Carta de Atenas (1931) y la importante Carta de Venecia (1964-65), que enuncia: “La restauración es una operación que debe tener un carácter excepcional”. Entre estas dos cartas, la influencia de Viollet-le-Duc, se manifestó en América y en el Perú, con casos como los de la Iglesia de la Merced en el Centro Histórico de Lima (Emilio Harth Terré. 1940), El Acllahuasi de Pachacámac (Julio C. Tello.1940-1945), Puruchuco y más tarde Huallamarca (Arturo Jiménez Borja.1953-1961) y algo posterior a la Carta de Venecia, Chan Chan (Iriarte y Zevallos, 1966-1967). En estas obras se realizan “completamientos” arquitectónicos, reconstrucciones, con criterios de lo que se da en llamar, puesta en valor. Las intervenciones tienen escaso valor estructural y nulo sentido preventivo sísmico, por ausencia de criterios de ingeniería sismo resistente. Los refuerzos eran intuitivos, no comprobados por ensayos, en nuevas versiones de métodos “prueba y error”. La ingeniería sismorresistente acelera su desarrollo recién en la década de 1960-70.

A finales del siglo XX y principios del XXI, se adoptaron otras cartas complementarias e importantes de conservación que constituyen los textos doctrinales de ICOMOS (creado en 1964) que son ajenos a la conservación en áreas sísmicas, donde la velocidad de destrucción es mayor y se presenta incluso colapsos súbitos con pérdidas irreparables. Recientemente, se integra La Declaración de Lima, 2010, propuesta Oriental y Occidental (Japón y Perú) que establece la necesidad de reforzar preventivamente el patrimonio edificado de las zonas sísmicas del mundo (ICOMOS, 2010) y aparece la propuesta de ICOMOS Perú de integrar en los textos doctrinales, los “Principios de Conservación Sismo Resistente para la Construcción Patrimonial en Tierra”. (Vargas, 2010; Vargas, 2012), en virtud de la responsabilidad de conservar en su territorio sísmico, obras culturales muy antiguas y relevantes que revelan los orígenes culturales de América, elaboradas con materiales y técnicas vulnerables como la construcción con tierra y la mampostería de piedra y tierra.

2. DESCRIPCIÓN DE LA IGLESIA

Como se aprecia en la Figura 1, Andahuaylillas es un distrito que se encuentra a 41 Km al Sur-Este de la ciudad del Cusco, Perú. La Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas se encuentra ubicada en la Plaza de Armas y tiene un área construida de alrededor de 1300 m².

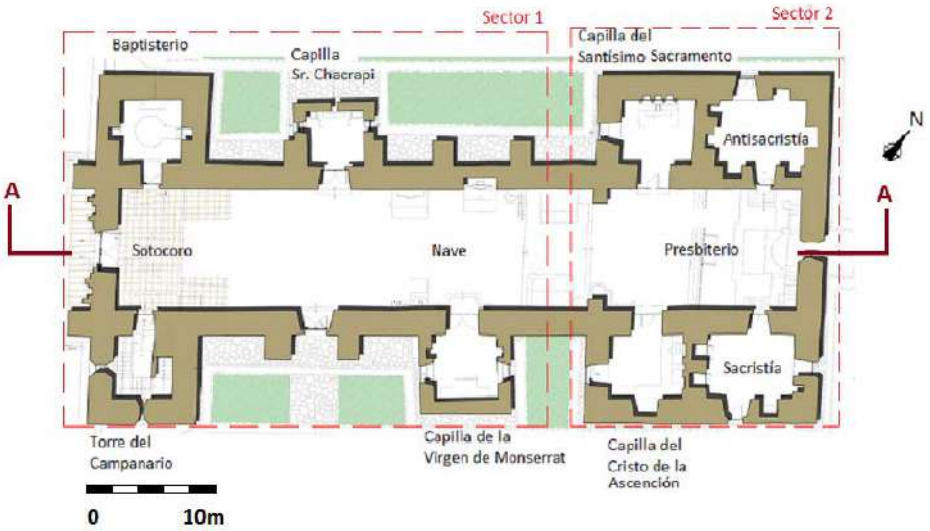
Figura 1. Datos generales de la Iglesia: (a) ubicación; (b) frontis principal (www.paraconocer.com); (c) fachada principal (www.flickr.com); y (d) interior nave principal (http://turismosos.viajaporperu.com)

La construcción de la Iglesia data de finales del siglo XVI ó inicios del siglo XVII, lo cual se presume debido a relatos de la época (Castillo et al, 2012) y al estilo de la pintura mural existente. Como muchas Iglesias de esa época, ésta se levantó probablemente sobre un centro Inca de mucha importancia. Excavaciones realizadas en el sitio y el material usado en algunas zonas, confirmarían esta teoría.

Como se muestra en la Figura 2 la iglesia San Pedro Apóstol tiene una planta rectangular 27 m x 61 m y posee dos sectores: la nave central y el presbiterio. En el primer sector se tiene el acceso principal, el baptisterio, la torre del campanario y dos capillas laterales. En el segundo sector se ubica el Arco Triunfal y cuatro capillas laterales: la capilla del Santísimo Sacramento, la capilla de Cristo Ascensión, la sacristía y la ante-sacristía. La nave principal de la Iglesia tiene un segundo nivel donde se encuentra el coro cuyo acceso es por la torre del campanario.

La estructura de la Iglesia está conformada principalmente por muros de adobe de 2 m de ancho. La cimentación es de mampostería de piedra con mortero de barro y tiene una profundidad de 0,50 m. Existen además sobrecimientos con la misma mampostería de piedra que llegan aproximadamente hasta 1 m de altura. Los muros de adobe están recubiertos con una capa de yeso decorado de espesor variable. La estructura del arco triunfal consiste en pilares con un sistema de albañilería mixto de piedra y ladrillo de arcilla cocida y en el arco mismo que tiene una estructura de ladrillo. La estructura del techo de la nave es de “par y nudillo”, que se forma por elementos de madera dispuestos en un arreglo triangular, unidos por un madero horizontal en el tercio superior de su altura. Existen en la

nave varios tensores dobles horizontales a nivel del nacimiento de los pares. La cobertura es de teja de arcilla cocida tradicional en la zona.



(a)

(b)

Figura 2. Detalles de la arquitectura de la Iglesia: (a) plano en planta; y (b) corte longitudinal A-A (Adaptado de Castillo et al, 2012)

3. ESTADO ACTUAL DE LA IGLESIA

Desde su construcción, la Iglesia ha pasado por una gran cantidad de trabajos de conservación, especialmente en los últimos 40 años. Por el conocimiento de la época, estas intervenciones no han reparado el estado de daño real de su estructura. Algunos muros de adobe, principalmente en la zona del presbiterio, arco triunfal y capillas, tienen fisuras importantes (Figura 3a). En general, no se evidencia la presencia de humedad.

Otra zona con deterioros importantes es el coro, la fachada y el balcón. De la inspección realizada, se puede notar el severo deterioro de los elementos de soporte (Figura 3b). En las vigas de madera originales, se aprecia una reducción de la sección debido al ataque de xilófagos. En el caso de la fachada, la viga que soporta el piso del balcón está prácticamente quebrada y muestra una excesiva deflexión (Figura 3c).

Otro problema que se observa en la nave de la Iglesia es que los tensores de madera y acero se encuentran severamente deteriorados y han dejado de cumplir su función estructural. En el caso de los tensores de madera, éstos ya no se encuentran conectados a los muros (Figura 3d), mientras que en el caso de los tensores de acero, la corrosión y poco cuidado en su instalación ha hecho posible que sus secciones efectivas se reduzcan y que sus conexiones y condiciones de frontera se aflojen y debiliten.

Figura 3. Patologías estructurales más evidentes en la iglesia: (a) grieta ubicada en la parte superior del arco triunfal; (b) deformación y desacople de canes que son parte del sistema de piso del coro; (c) tensor de madera apolillado; (d) viga aislada del sistema estructural y can fracturado en la fachada

4. SOLUCIONES ESTRUCTURALES DE EMERGENCIA

Durante la última intervención que se viene realizando en la Iglesia desde el 2010, se identificaron varios sectores con grave deterioro estructural. Después de la evaluación estructural, se decidió que las intervenciones urgentes eran en las paredes del presbiterio (incluyendo el arco triunfal) y en las vigas del coro. A continuación se detalla cada una de las soluciones planteadas.

4.1 Intervención en el Presbiterio

La cobertura interior del techo del presbiterio está compuesta por un artesanado de madera. El artesonado es una estructura de madera y barro pintado que se apoya en varias vigas soleras que forman un octógono embutido en los cuatro muros que forman el presbiterio. Desafortunadamente estas vigas no están unidas para formar un anillo de arriostre entre los muros. Los muros laterales que forman el espacio del presbiterio suben 1.50 m por encima del nivel del artesonado. Se crea así una zona de muros sin arriostre entre sí que podrían colapsar volteándose fuera de su plano debido a las fuerzas horizontales que genera el artesanado, más aún durante los eventos sísmicos.

La solución propuesta consiste en la colocación de drizas sintéticas trenzadas de 16 mm de diámetro, en forma de lazos alrededor de cada uno de los cuatro muros del presbiterio (por encima del nivel del artesonado para no dañar el enlucido decorado). Se propone colocar también sogas transversales a manera de conectores entre las drizas de caras opuestas. Estos conectores de driza trenzada de 12 mm, tendrán la función de sujetar en posición a

las sogas longitudinales que envuelven los muros para que se mantengan tensionadas.

4.2. Intervención de Tímpanos en Cobertura de Presbiterio

La cobertura del presbiterio está formada por pares y nudillos con sobre-pares para formar los aleros y aumentar la pendiente de la cobertura. Para completar el techo a dos aguas existen dos muros a manera de tímpanos o hastíales. Los tímpanos son elementos de adobe de 1,60 m de ancho y 5 m de altura en su punto más alto. Debido a poseer una estructura masiva, estos elementos son susceptibles a voltearse por fuerzas fuera de su plano originadas durante los terremotos.

La solución estructural propuesta tiene el objetivo de asegurar la estabilidad de los tímpanos ante las fuerzas de volteo ocasionadas por los sismos. Se propone un sistema que limite su movimiento y los conecte con el resto de la estructura que conforma la cobertura (pares y nudillos y sobre-pares). Los tímpanos serán atravesados en cuatro puntos por varillas de acero longitudinales que son conectadas a las vigas horizontales que enlazan los sucesivos pares y nudillos. Además se propone mejorar la conexión de la viga cumbrera asegurándola, interior y exteriormente, al tímpano con planchas de madera. De ocurrir un evento sísmico, el movimiento del tímpano hacia el exterior será controlado por las varillas de acero, mientras que el movimiento hacia el interior será controlado por la estructura del techo. Se propuso también adicionalmente, una medida de emergencia consistente en el cambio de los tímpanos de adobe por ligeras coberturas de quincha. Cada tímpano pesa 80 toneladas y uno de ellos está apoyado sobre el arco triunfal que está fuertemente agrietado. La propuesta está siendo re-analizada por su impacto sobre la autenticidad de la estructura original. Se trata del riesgo de vida de feligreses si ocurre un terremoto fuerte.

4.3. Intervención en el Coro

En una de las últimas intervenciones realizadas, se colocó una parrilla metálica como estructura de soporte del piso del coro para controlar la excesiva deformación y aminorar los esfuerzos en las vigas de madera y entablado decorado que constituían la estructura de soporte original. La parrilla metálica se colocó sobre la estructura original (el nivel de piso terminado cambió) y funcionaba apoyándose en tres muros laterales y una armadura metálica peraltada en la zona de la baranda. El problema que se presentó fue que la armadura metálica fue cortada en otra intervención posterior y el sistema dejó de funcionar. La estructura metálica se cambiará por otra más eficiente.

La solución de refuerzo propuesta para esta zona consiste en la utilización de vigas de acero de 10 m de luz y 0,30 m de peralte, desde las cuáles se colgarán las vigas antiguas de madera. Las vigas se arriostrarán transversalmente con las correas metálicas que soportará el entablado superior actual.

5. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO ESTRUCTURAL INTEGRAL

El estudio estructural integral de una edificación histórica debe considerar tres etapas consecutivas: la recopilación histórica, el diagnóstico y el planteamiento de propuestas de intervención. La primera etapa consiste en los estudios necesarios para entender el valor histórico del bien que se estudia. La segunda etapa consiste en las visitas para identificación de materiales y patologías, ensayos en laboratorio, pruebas no destructivas en campo y análisis con modelos computacionales que se hacen para entender el sistema estructural e identificar los fenómenos que originan deterioro en la edificación. La tercera etapa es la consecuencia de la primera y segunda, y consiste en el planteamiento de medidas para solucionar los problemas específicos encontrados y para mitigar el daño que pueda ocurrir en caso de eventos extremos como son los sismos.

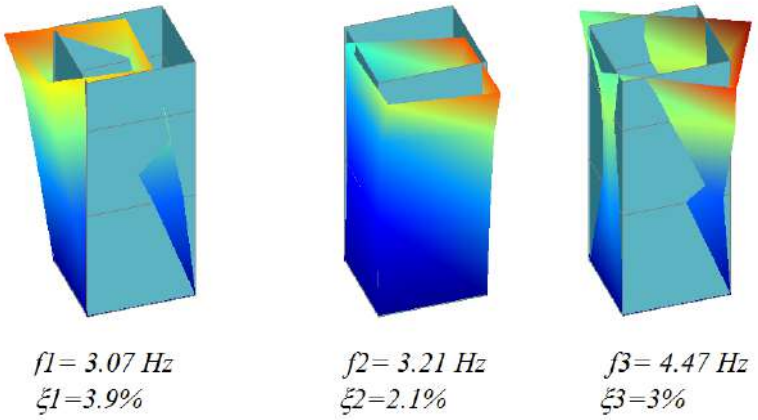
En el contexto de la segunda etapa de estudios de diagnóstico, en la Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas se consideró la aplicación de ensayos no destructivos de identificación modal. Estos ensayos consisten en la medición de las aceleraciones en algunos puntos de la estructura para determinar sus características dinámicas (frecuencias

naturales, amortiguamiento y modos de vibración). Además, en esta etapa se ha considerado la elaboración de modelos computacionales en el rango lineal para entender el comportamiento de la estructura de la Iglesia.

Los ensayos de identificación modal han sido utilizados para estudiar otras construcciones históricas de tierra (Aguilar et al, 2013a) y han demostrado ser de gran utilidad porque permiten incluso determinar el estado del daño existente. El objetivo del trabajo realizado en la Iglesia era determinar sus características dinámicas experimentalmente para calibrar el modelo computacional, así como para determinar el grado de conexión existente entre la nave principal y la torre del campanario.

Se realizó una campaña de medición de vibraciones ambientales (en los cuales se considera como única fuente de excitación el ruido del medio ambiente) en la torre de la Iglesia utilizando cuatro acelerómetros (Figura 4a). Se realizaron medidas del movimiento en el plano horizontal de la torre con ocho puntos de medida en configuración biaxial. Los resultados de las primeras tres frecuencias naturales y modos de vibración se presentan en la Figura 4b. Estos resultados, conforme lo esperado, muestran que los dos primeros modos corresponden a movimientos traslacionales y que el tercer modo corresponde a un movimiento de torsión. Además, utilizando como criterio de evaluación la concordancia de las formas modales, es posible concluir a partir de estos resultados que existe una razonable conexión entre las paredes laterales que conforman la torre del campanario (Aguilar et al, 2013b).

(a)



(b)

Figura 4. Ensayos experimentales de identificación modal en la Iglesia: (a) sistema de medición de vibraciones; (b) resultados de las primeros tres modos de vibración (adaptado de Aguilar et al, 2013b)

El modelo computacional en elementos finitos de la Iglesia (Figura 5a) se construyó utilizando el programa SAP2000 (SCI, 2012). Los muros de adobe y piedra, así como el arco triunfal y contrafuertes, se representaron mediante elementos sólidos, mientras que las vigas y pisos de madera mediante elementos lineales y lámina, respectivamente. La estructura del techo no fue modelada debido a la complejidad de simular la rotación relativa y deslizamiento que experimentan sus conexiones (D' Ayala; Fonseca, 2012). Sin embargo, en su lugar se aplicaron cargas equivalentes, verticales y horizontales, que representan el peso

y empuje que ejerce la estructura sobre las paredes de la Iglesia. Asimismo, no se modelaron los tímpanos ubicados sobre el muro testero, el muro en la entrada principal y el arco triunfal, para evitar la formación de modos locales.

Los resultados del análisis de cargas de gravedad (Figura 5b) muestran que existen zonas de concentración de esfuerzos de compresión principalmente en la base de muros, base de contrafuertes y arco triunfal. Los resultados en el arco triunfal (Figura 5c), muestran esfuerzos de compresión en su parte central pero también esfuerzos de tracción en el intradós y cara lateral. Estos últimos resultados corresponden precisamente al patrón de fisuración observado en campo en este elemento estructural.

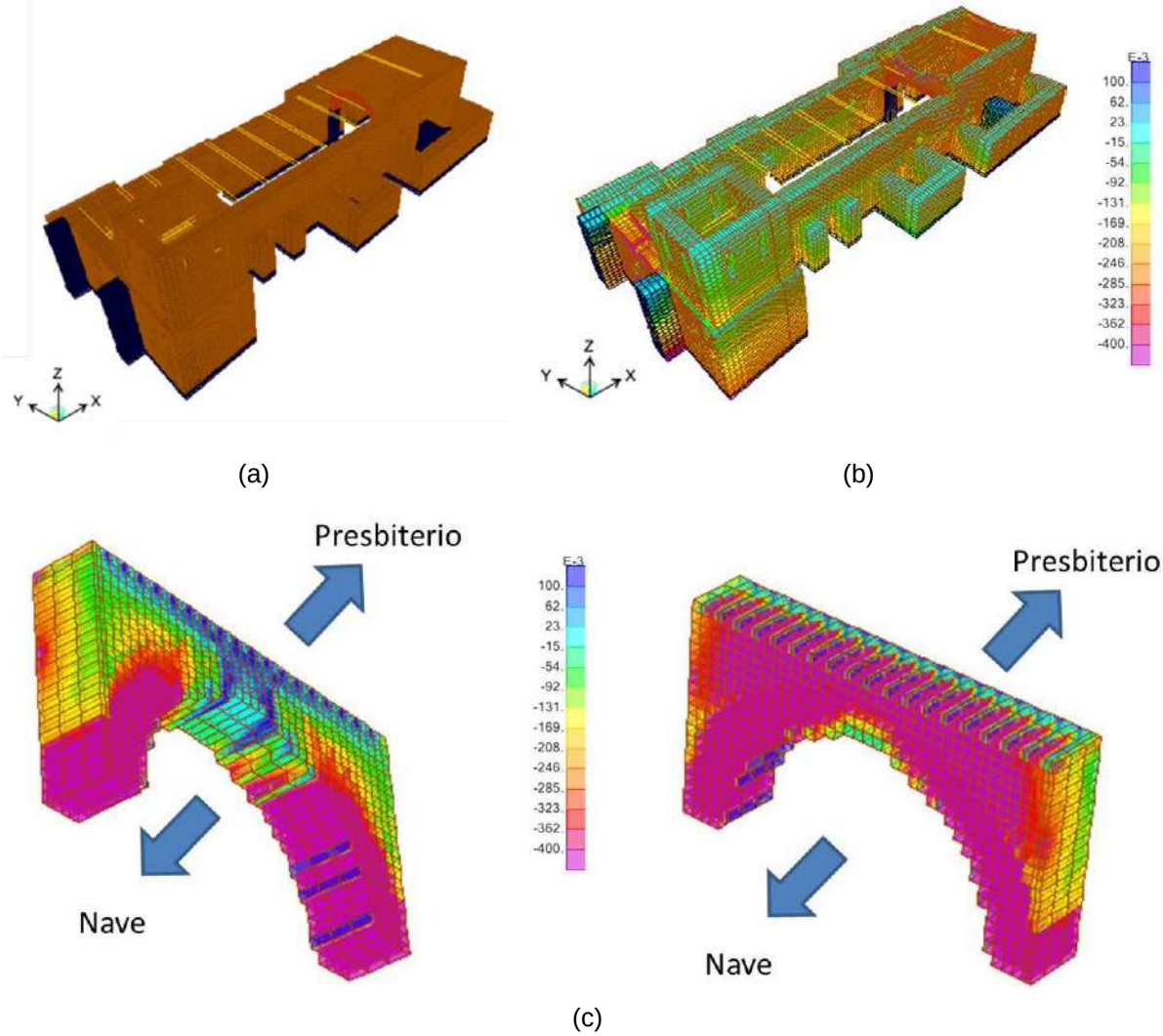


Figura 5. Análisis en elementos finitos de la Iglesia: (a) modelo computacional; (b) esfuerzos por cargas de gravedad; y c) esfuerzos por cargas de gravedad en el arco triunfal (resultados en MPa)

A continuación, se estudió la respuesta dinámica analítica de la Iglesia para lo cual se realizó el análisis modal del modelo en elementos finitos. El objetivo de este análisis era obtener la misma respuesta que fue medida con los ensayos experimentales in-situ. Para ello, se procedió a realizar una calibración preliminar del módulo de elasticidad del material y se obtuvo un valor mejorado que permitió replicar, en el modelo numérico, los resultados experimentales. Como se ve en la Figura 6, los valores del modelo computacional mejorado (sexto, séptimo y décimo modo de vibración) corresponden a lo determinado experimentalmente. Los resultados del análisis numérico muestran que los primeros modos corresponden al movimiento local del presbiterio (arco triunfal y paredes laterales) mientras que los que implican movimiento de la torre y el resto de la estructura se encuentran a partir del sexto modo.

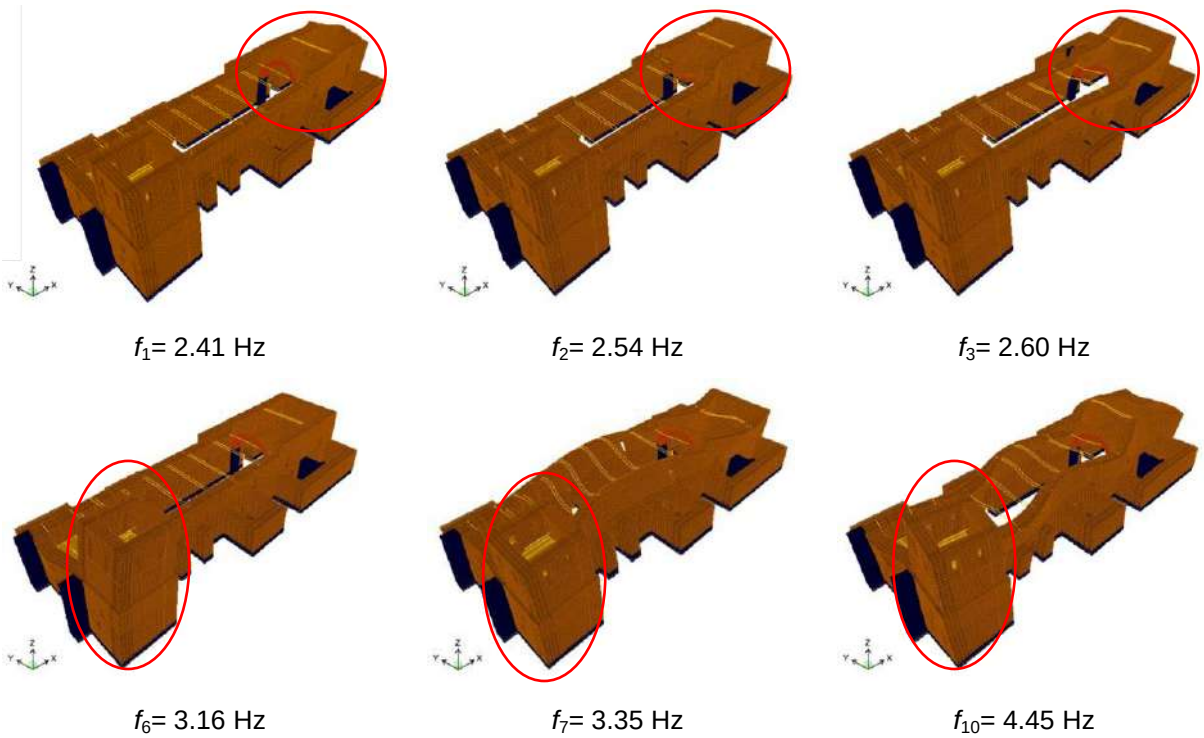


Figura 6. Resultados del análisis modal de la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas

El modelo numérico de la Iglesia se encuentra aún en su etapa preliminar. En la construcción de los modelos aún se han considerado suposiciones como por ejemplo que los tirantes están cumpliendo sus funciones (cosa que probablemente no suceda por lo observado en campo). El trabajo futuro está orientado a estudiar el comportamiento de la Iglesia mejorando la representación del estado real de daño y a la realización de análisis no lineales (incorporando la capacidad de disipación de energía del material) para estimar su comportamiento ante eventos sísmicos. Una vez concluidos todos estos análisis, recién se podrá diseñar una estrategia y plantear soluciones adecuadas para reforzar la Iglesia.

6. CONCLUSIONES

El proyecto y reparación de la Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas, en un proceso de varios años y constituye un caso que el tiempo ubicó en el punto de inflexión entre la aplicación de los métodos de conservación tradicionales y los modernos, basados estos últimos en criterios de diseño de desempeño, con utilización de refuerzos para lograr el control de desplazamientos y evitar los colapsos sísmicos.

Conocimiento profundo de los valores de la Iglesia, mínima intervención, refuerzos compatibles y soluciones reversibles, son los pilares de esta nueva tendencia mundial, de la cual el Perú es protagonista, por el carácter sísmico de su territorio.

El uso de modernas herramientas de análisis, criterios de reforzamiento preventivo de vanguardia y experiencia artesana ancestral, convergen para lograr concederle al templo la durabilidad que se merece.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, R.; Ramos, L. F., Torrealva, D.; Chácara, C., (2013a). Experimental modal identification of an existent earthen residential building, *5th International Modal Analysis Conference IOMAC*, Guimaraes, Portugal.

Aguilar, R; Sovero, K.; Martel, C.; Chácara, C.; Gonzales, M.; Boroschek, R. (2013b). Técnicas avanzadas para la protección sísmica del patrimonio existente. *BIT La revista*

técnica de la construcción, Santiago de Chile.

Castillo, M., Kuon; E., Aguirre, C.; (2012). *San Pedro Apóstol de Andahuaylillas – Guía de visita*, Cusco: Ed. Asociación Jesús Obrero – CCAIJO, Andahuaylillas.

CSI (2012). Computer and structures Inc., SAP2000." from http://www.csiberkeley.com/.

D'Ayala, D.; Fonseca, C. (2012). Seismic assessment and retrofitting of peruvian earthen churches by means of numerical modelling. *15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisbon, Portugal.

González, I. (2000). *Conservación de bienes culturales: teoría, historia, principios y normas*, Madrid: Cátedra.

Hernández, A. (1999). *Documentos para la historia de la restauración*. Zaragoza: Departamento de Historia del Arte, Universidad de Zaragoza.

ICOMOS. *Declaración de Lima*, 2010. www.icomos.org/en/charters-and-texts.

Vargas, J. (2012). El patrimonio cultural en tierra del Perú y la influencia de los desastres en su historia. Una propuesta de conservación. *XI Conferencia International sobre el Estudio y Conservación del Patrimonio Arquitectónico de Tierra*.Terra 2012, Lima, Perú.

Vargas, J. 2010. The conservation of earthen architectural heritage in seismic areas. *7th International Conference on Structural Analysis of Historic Constructions*. SAHC 2010. Shanghai. China.

Vargas, J.; Iwaki, C.; Rubiños, A. et al, (2011). Evaluación estructural del edificio Piramidal La Galería. *Proyecto Especial Arqueológico Caral-Supe*. EEUU: Fondo del Embajador.

Currículo

Julio Vargas es profesor principal de la PUCP, Ingeniero, especialista de construcciones de tierra, miembro de los comités científicos ISCEAH, ICORP, ISCARSA e ISCS de ICOMOS y miembro del Comité Consultivo de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de ICOMOS Perú.

Rafael Aguilar es Doctor en Ingeniería Civil y profesor asociado del Departamento de Ingeniería de la PUCP. El profesor Aguilar dirige el grupo de investigación de monitoreo e instrumentación de construcciones históricas SHM-PUCP cuyas áreas principales de investigación son el análisis estructural de edificaciones existentes, monitoreo de estructuras y diagnóstico y conservación del patrimonio histórico.

Mauricio Gonzáles y Carolina Briceño son estudiantes de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la PUCP y miembros del grupo de investigación SHM-PUCP.

QUÉ HACER CON NUESTRO PATRIMONIO DE TIERRA
REFLEXIONES Y PROPUESTAS

Graciela María Viñuales

Centro Barro. CEDODAL
Montevideo 1053. 3º B. C1019ABU Buenos Aires. Argentina
Tel. (54-11) 4811-9249
cenbarro@interserver.com.ar

Palabras claves: Arquitectura vernácula, investigación, formación, difusión, gestión.

Resumen

En los SIACOT que han venido realizándose y en otras reuniones sobre patrimonio se han presentado múltiples ejemplos de arquitectura vernácula, especialmente la construida con tierra. Asimismo, se han visto casos diversos de sistemas, tradiciones, edificios aislados o conjuntos. De tal manera que ya tenemos un buen conocimiento de la existencia de arquitecturas de tierra en todo el mund

Hemos logrado formar redes de trabajo, especialmente ésta de Proterra que ayuda a intercambiar los avances que van haciéndose en muchos aspectos. Pero aún nos falta definir qué hacer con ese gran patrimonio que se encuentra en todos nuestros países. Si bien hoy se respetan más ciertas reglas de restauración y se sabe analizar con más rigor el patrimonio, aún quedan muchos puntos por estudiar.

En primer lugar, habría que investigar más y sistematizar los conocimientos sobre ese patrimonio. Por ejemplo, aprendiendo a combinar el trabajo en archivos documentales y en bibliotecas con el estudio in situ de las obras. A ello habría que agregarle el estudio de las técnicas de cada lugar, tanto en las obras construidas cuanto en los saberes de los viejos constructores aún vivos.

Es necesario tomar esos resultados para formar a las nuevas generaciones facilitando la transmisión de lo obtenido en las investigaciones en las fuentes documentales y en el trabajo de campo. Los talleres de los SIACOT son sólo un primer paso en este sentido. Se necesita ampliar este tema para que aparezca con más frecuencia en los estudios universitarios, en las escuelas técnicas y aún en la educación primaria.

A ello es necesario agregarle la formación no académica que lleve los conocimientos a la gente que usa los monumentos hechos con sistemas vernáculos diversos. Para ello es imprescindible la búsqueda de canales de difusión para que estas personas conozcan los valores de ese patrimonio, pero también que sepan cómo cuidarlo, qué hacer y qué no hacer con él.

Pero sólo con buenas intenciones no se dan soluciones. Hay que saber plantear los problemas y saber encontrar los caminos para llegar a un final exitoso. Para ello es necesaria una buena gestión, aunque desgraciadamente en las carreras de arquitectura e ingeniería poco se estudian estos temas. Aprender a gestionar, a definir planes de manejo, a encontrar canales adecuados para tratar el patrimonio, es un asunto que debería ser objeto de atención.

Dentro de esa gestión deberían incluirse los temas legales, ya que se ha avanzado en normativas constructivas de tierra, en sistemas antisísmicos y en otros, pero muchas veces no se tiene conciencia de otras normativas propias de cada país o de “cartas” aprobadas por entidades como UNESCO, ICOMOS o TICCIH. Igualmente es necesario conocer la reglamentación de los sistemas de crédito de cada región y aprender a moverse dentro de ellos, así como incentivando la modificación de esas reglas cuando se vea que las arquitecturas vernáculas no son contempladas en ellas.

Estos son algunos de los desafíos que tenemos. La ponencia tratará de dar algunas líneas de orientación.

1. INTRODUCCIÓN

En los SIACOT que han venido realizándose y en otras reuniones sobre patrimonio se han presentado múltiples ejemplos de arquitectura vernácula, especialmente la construida con tierra. Asimismo, se han visto casos diversos de sistemas, tradiciones, edificios aislados o conjuntos. De tal manera que ya se tiene un buen conocimiento de la existencia de arquitecturas de tierra en todo el mundo.

Se ha logrado formar redes de trabajo, especialmente la de Proterra que ayuda a intercambiar los avances que van haciéndose en muchos aspectos. Pero aún falta definir qué hacer con ese gran patrimonio que se encuentra en todos los países latinoamericanos. Si bien hoy se respetan más ciertas reglas de restauración y se sabe analizar con más rigor el patrimonio, aún quedan muchos puntos por estudiar.

Primeramente, se necesita profundizar más en la calificación del patrimonio construido en tierra, diferenciando qué es un bien cultural, qué es un bien patrimonial, a qué calificar como arquitectura de acompañamiento, patrimonio modesto, monumento, conjunto. Igualmente debería ahondarse en el tratamiento particular de edificios y entornos, paisajes en íntima relación con lo construido, y en cómo considerar a obras que valen más por pertenecer a una categoría -función, edad, rasgos físicos- que por tener grandes valores propios.

En segundo término es necesario ver que algunos edificios que las instituciones no declaran como monumentos, en realidad son sentidos por la gente como patrimoniales. Ese sentimiento debe ser tomado en cuenta, y aunque las calidades no lleguen a darle una protección oficial, en general es necesario atenderlos y quizás darles alguna protección local. Esas apreciaciones que pueden hacer los vecinos de un pueblo o de un barrio deben ser tenidas en cuenta, a pesar de que otras consideraciones técnicas ayuden a organizar diferentes categorías de tutela.

En tercer término, es necesario saber que en cada uno de esos estamentos hay reglas particulares para la consolidación, el mantenimiento y la restauración. En este último sentido, los edificios catalogados como monumentales deberían ser objeto de trabajos especializados que aún están poco profundizados, o que tal vez, están pasando ahora por un momento de menor interés que hace tres o cuatro lustros. Al menos, es lo que se vislumbra a través de las ponencias de los últimos congresos o de las especialidades de los miembros de las redes en la actualidad.

2. INVESTIGAR Y SISTEMATIZAR

Para enfrentar este campo del tratamiento de los monumentos, habría que investigar más y sistematizar los conocimientos sobre ese patrimonio. Por ejemplo, aprendiendo a combinar el trabajo en archivos documentales y en bibliotecas con el estudio in situ de las obras. A ello habría que agregarle el estudio de las técnicas de cada lugar, tanto en las obras construidas cuanto en los saberes de los viejos constructores aún vivos.

Como se viene insistiendo desde la década de 1970, es indispensable trabajar la documentación antes de encarar una restauración, saber investigar en archivos oficiales a través de las escrituras públicas, testamentos, ventas de casas, conciertos y contratos de obras, venta y provisión de materiales, certificaciones gremiales y toda otra documentación que, a través de textos e imágenes pueda dar idea de cómo se pensó un edificio, cómo se realizó y cuáles fueron sus cambios a lo largo del tiempo (Gutiérrez; Viñuales, 1979).

A ello habría que agregar el buen uso de la bibliografía actual, sin dejar de lado lo producido en tiempos anteriores, en las épocas en que se comenzó la obra que está trabajándose y en los tiempos que median entre esos años y el presente. Los tratados de arquitectura y construcción, así como otros libros en que haya capítulos dedicados al tema, serán de necesaria consulta. Igualmente, podrán rastrearse ediciones de tiradas cortas pero que en su momento influyeron en los constructores e inclusive en los arquitectos (Daireaux, 1904). En algunos países pasaron de mano en mano documentos manuscritos que fueron usados

como “tratados de bolsillo” (Schuetz, 1987), llegando algunos de ellos a editarse popularmente hasta pasada la mitad del siglo XX (Kate; Stewart, 1977). A ellos habría que agregar los que hasta hace poco pasaban entre los estudiantes de escuelas técnicas que suponían después manuales de aplicación en las obras.

También se ha insistido sobre la necesidad de trabajar las evidencias de obra, visualizando in situ las diferencias de material, los cambios de sistemas, las alteraciones, los arreglos y las señales de defectos y fragilidades (Viñuales, 1981). Sólo con la combinación de lo obtenido en la documentación, la bibliografía y las evidencias, podrá encararse con acierto una intervención, aunque a lo largo de la obra esas tres vertientes deberán seguir alimentándose mutuamente ya que cada enigma que presente el edificio exigirá una respuesta documental y viceversa.

Como durante el siglo XX se han aplicado muchas de las técnicas anotadas en la bibliografía u otras generadas in situ y transcriptas en contratos y licitaciones de obras de restauración y mantenimiento, hoy puede analizarse el resultado que han dado técnicas y materiales aplicados a partir de 1930, aproximadamente. De ello puede derivarse un estudio de los problemas que han originado los errores técnicos, como la colocación de refuerzos inadecuados, la inclusión de materiales no compatibles como el cemento o el hierro. La perspectiva que dan los años es algo que merece un estudio profundo.

La misma mirada en perspectiva es la que merecería la atención y el rescate de la sabiduría de los maestros populares. Si bien hace tiempo que viene insistiéndose en este punto, ya van quedando pocos de ellos vivos y con salud como para recoger lo que puedan decir, más cuando su timidez y el maltrato que a veces han recibido los ha llevado a esconder sus conocimientos o a desvalorizarlos en su fuero íntimo. Importante tarea ha hecho en tal sentido el Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Huesca (1994).

Si bien hay mucho avanzado en lo general, es necesario trabajar sobre lo ocurrido en diferentes sitios, algunos de los cuales han sido poco atendidos. Si se señalaran los estudios hechos en un SIG, se vería la gran cantidad de territorio que ha quedado olvidado. Quedan entonces por verse obras ya intervenidas y ver sus resultados, conocer las tradiciones constructivas, entrevistar a los maestros, saber las necesidades actuales y la valoración de las obras, entre otras muchas cosas.

3. FACILITAR LA TRANSMISIÓN

Es necesario tomar esos resultados para formar a las nuevas generaciones facilitando la transmisión de lo obtenido en las investigaciones en las fuentes documentales y en el trabajo de campo. Los talleres de los SIACOT son sólo un primer paso en este sentido. Se necesita ampliar este tema para que aparezca con más frecuencia en los estudios universitarios, en las escuelas técnicas y aún en la educación primaria.

En cuanto a los talleres de los SIACOT, sería indispensable proponer algunos de ellos centrados en temas patrimoniales y, si fuera posible, con visitas a obra y con un elemental aprestamiento, como se hiciera en la reunión Adobe ’83 en el Perú (UNESCO; UNDP, 1983). También podría pensarse en talleres teórico-prácticos mostrando el trabajo conjunto de documentación y evidencias de obra, sus mutuos apoyos e intercambios, algo que pudiera verificarse con una visita a la obra respectiva.

Del mismo modo, hace tiempo que viene hablándose de la necesidad de introducir el tema de la tierra en los programas de estudio, así como se ha insistido en la necesidad de tener cursos de conservación del patrimonio. Si bien desde la década de 1970 se ha ido avanzando en cada uno de estos dos asuntos, queda aún muchísimo por hacer y conseguir que estos dos temas sean aceptados como temas obligatorios y no meramente electivos al final de la carrera. Mucho menos se ha avanzado en anudar ambos temas y presentar la conservación del patrimonio de tierra como un asunto a ser tenido en cuenta, especialmente en las escuelas y facultades ubicadas en zonas en las que la tierra ha sido el material de uso común.

4. BUSCAR CANALES DE DIFUSIÓN

A ello es necesario agregarle la formación no académica que lleve los conocimientos a la gente que usa los monumentos hechos con sistemas vernáculos diversos. Para ello es imprescindible la búsqueda de canales de difusión para que estas personas conozcan los valores de ese patrimonio, pero también sepan cómo cuidarlo, qué hacer y qué no hacer con él.

En la década de 1970 se editaron en el Perú pequeños manuales, casi en forma de historieta, que ayudaban a la gente a construir con tierra de manera fácil y con cierta calidad. Poco después, otros países andinos repitieron la experiencia difundiendo con claridad cómo preparar materiales y herramientas, cómo elegir un terreno, cómo ir trabajando en cada uno de los pasos. Pero también fueron difundiéndose algunas reglas básicas de conservación y mantenimiento que, si bien no eran aplicables a los monumentos, sí ayudaban a atender al patrimonio modesto, ése que estaba en el entorno de estos pobladores, como la antigua vivienda, la escuela y algún otro pequeño edificio público.

Lógicamente, estos canales de difusión apenas trataban los temas patrimoniales y, cuanto mucho, explicaban que para ellos debía consultarse a un especialista, lo cual ya de por sí significaba una orientación. Pero al menos con esas someras indicaciones ayudaban a valorar los monumentos de los pueblos y hasta a afirmar la identidad de las comunidades que habitaban el sitio.

De todos modos, estas cartillas, que aún siguen apareciendo y multiplicándose en casos especiales, no eran la única forma de transmisión (Consejo de Monumentos Nacionales de Chile, 2010). Por un lado, era necesario que algunas personas en los pueblos alejados estuvieran alfabetizadas y hablaran castellano, cosa que no siempre sucedía. Por otro, a veces estas cartillas disparaban los intercambios con los viejos maestros y se agilizaba la transmisión oral, a veces un tanto acallada. En tal sentido, no debe olvidarse que en muchos lugares de América se continúan las tareas de mantenimiento en fechas especiales a través de trabajos comunitarios unidos a festividades y a toda una organización social que procede de siglos anteriores.

Considerar esas transmisiones orales técnicas y todo lo que las acompaña dentro de una comunidad es lo que se debe atender, ya que en muchos lugares esas cadenas entre generaciones se han cortado o se han vuelto demasiado débiles. Con ello, se ve la decadencia que afecta a monumentos antiguos perdidos en los pueblos, particularmente los templos, aunque también grandes casonas rurales y urbanas, fuentes y mercados.

Algunas reuniones de diversa índole en puntos dispersos del continente americano y de la península ibérica han puesto en valor el tema del patrimonio hecho en tierra, pero muchas veces se trata de seminarios o congresos que, si bien han despertado mucho interés en su momento, la falta de continuidad hace que pronto se olvide el impacto producido. Algunos municipios han hecho declaraciones sobre el tema y hasta han emitido documentos de apoyo que contienen varios puntos interesantes en sus consideraciones. Pero el panorama que se ofrece muestra tantos huecos como los que presentan las investigaciones, como se ha dicho más arriba.

5. APRENDER A GESTIONAR

Pero sólo con buenas intenciones no se dan soluciones. Hay que saber plantear los problemas y saber encontrar los caminos para llegar a un final exitoso. Para ello es necesaria una buena gestión, aunque desgraciadamente en las carreras de arquitectura e ingeniería poco se estudian estos temas. Aprender a gestionar, a definir planes de manejo, a encontrar canales adecuados para tratar el patrimonio, es un asunto que debería ser objeto de atención.

Como ya se planteó en la Mesa 9 de Terra 2012, es necesario aprender a gestionar. Es indispensable que los técnicos de la construcción con tierra y quienes trabajan en la

restauración patrimonial tengan una formación eficaz en los temas de planificación y de gestión. El técnico debe saber negociar, debe saber cuáles son sus armas y cómo manejarlas, saber dialogar y arribar a niveles de consenso sin abandonar sus convicciones profesionales. Debe saber presentar planes de manejo, proyectos de intenciones de restauración, presupuestos bien acotados y organización de finanzas.

Como cada vez están más reglados los llamados a licitación, debe saber moverse con soltura dentro de tales reglas, atender a las normativas y a todos los sistemas digitales con los que habrá que trabajar. Porque si bien en los dos grandes cursos internacionales que se dieron en Perú -PAT 96 y PAT 99- se le dio un sitio especial al tema de la gestión y el manejo de sitios arqueológicos, pareciera que después los cursos le hubieran dado menos importancia al asunto.

6. ESTUDIAR LA LEGISLACIÓN

Dentro de esa gestión deberían incluirse los temas legales, ya que se ha avanzado en normativas constructivas de tierra, en sistemas antisísmicos y en otros, pero muchas veces no se tiene conciencia de otras normativas propias de cada país o de “cartas” aprobadas por entidades como UNESCO, ICOMOS o TICCIH. Por un lado, es necesario tener en cuenta esas grandes líneas anotadas en documentos que parten de 1964 con la Carta de Venecia (ICOMOS, 1964), que aún podrían rastrearse más atrás y que han seguido con otras relacionadas (ICOMOS, 1999). Pero por otro, en cada país habrá leyes y normas propias en los niveles nacional, provincial y municipal que habrá que tener en cuenta.

Si se echa una mirada a las cartas internacionales, se verá que algunas de ellas son meramente declarativas y orientadoras de las acciones, pero habrá otras que han sido objeto de firmas y ratificaciones de los gobiernos que llegan a adquirir carácter vinculante, especialmente lo emanado de entidades intergubernamentales como las Naciones Unidas y la UNESCO, una de sus organizaciones. Claro que de esos documentos se deben extraer conceptos diversos, algunos dirigidos al tema patrimonial y su tratamiento, y otros enfocados en el material tierra y en sus sistemas constructivos. Se recomienda ver sitios de internet como www.todopatrimonio.com (2013).

También deberán observarse las conclusiones de los diversos congresos específicos sobre la conservación de las arquitecturas de tierra, reuniones en las que han convergido los dos temas: el del material y el del tratamiento de los sitios históricos. Si bien no todas estas reuniones fueron seguidas de una publicación ni finalizaron con conclusiones particulares, la mayoría de ellas sí tuvo estas dos características. En tales publicaciones -empezando por la de Yazd en 1972- hay anotada importante documentación que a veces es olvidada (ICOMOS, 1972). La revisión de ese material es una tarea ineludible.

Con ello se reducirían mucho las repeticiones que se ven en las reuniones actuales, los “descubrimientos” de soluciones ya probadas, ya fuera para mantener su uso, ya sea que hubieran sido descartadas por lo erróneas. Es necesario usar los avances, analizarlos, corregirlos o afianzarlos, pero no creer que siempre se está ante novedades.

Asimismo, es necesario estar al día con los sistemas de créditos, las posibilidades de financiación que se ofrecen, las aperturas que se producen. Muchas veces se desaprovechan ocasiones por enterarse muy a último momento o por no saber cómo encarar los informes y proyectos para que pueda alcanzarse el fin esperado. Por eso, es necesario conocer la reglamentación de los sistemas de crédito de cada región y aprender a moverse dentro de ellos, así como incentivando la modificación de esas reglas cuando se vea que las arquitecturas vernáculas no son contempladas en ellas.

7. ACEPTAR LOS DESAFÍOS

Uno de los primeros desafíos que se debe afrontar es el de saber combinar los enfoques del material tierra con los enfoques de cómo tratar el patrimonio, no pensando en que un

monumento debe atenderse igual que cualquier construcción antigua sin catalogación patrimonial y, menos aún, buscando que el monumento adquiera las características que la normativa señala para las nuevas construcciones.

Luego habría que analizar los errores cometidos en las intervenciones realizadas, al menos las de los últimos 80 años, ya que a partir de los finales de la década de 1930 se restauraron muchos monumentos y se tuvo demasiada fe en los nuevos materiales, especialmente en el cemento y el hierro. Años después esas inserciones extrañas mostraron no sólo su incapacidad como consolidantes químicos y físicos, sino que se manifestaron como destructores del patrimonio o, al menos, como aceleradores del deterioro.

Pero también es necesario saber qué se hará con los edificios, cuáles deberán tener prioridad en su conservación, cuáles serían las funciones que podrán albergar y cuáles serían inadecuadas, sea por las calidades del edificio en sí, sea por las necesidades de su entorno. Es delicado el tema, pero es indispensable definir cuáles obras se conservarán, cuáles pueden recibir agregados y cuáles deben mantenerse con cambios mínimos, como sus instalaciones o su adecuación dúctil a las nuevas funciones. El estado de conservación en que han llegado al presente será también un motivo que ayudará a esta definición, además de los consabidos asuntos de su calidad patrimonial y sus características históricas y artísticas.

En cualquier caso, es imprescindible combinar el estudio documental previo, inclusive de anteriores intervenciones, evidencias de obra y propuesta de destino final. Si no se hace este trabajo de rutas paralelas entre documentación, evidencias y propósitos, el resultado final puede volver a cometer errores. Esos errores pueden llevar a despreciar partes importantes de la obra, a no entender el porqué de ciertos diseños, a definir intervenciones apresuradas y, a la larga, a no ayudar a un mantenimiento posterior. Debe recordarse que estos caminos convergentes deben empezarse antes que el proyecto en sí y que finalizarán sólo en los últimos días de la obra, ya que siempre uno influirá en el otro. Este tema, ya aplicado en varios casos, muchas veces parece difícil de ser entendido por las autoridades de muchos países que esperan tener obra terminada, inauguración y corte de cintas, antes que pensar en lo que pasará más allá de su mandato.

Otro importante desafío es aplicar el conocido sistema FODA -fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas- y examinar el tema con estas cuatro perspectivas. Aunque esto debería ser norma común en cualquier trabajo que se encarara, no siempre se hace este análisis y a veces se comienzan las labores sin haber sopesado suficientemente dichos puntos.

Unido a ello está el conocimiento fehaciente del estado jurídico del bien y toda la responsabilidad que ello supone. Es necesario saber las condiciones legales del edificio y del terreno en que se halla, si hay más de una entidad o persona involucradas, si las competencias públicas y privadas están bien definidas, si pesan embargos, hipotecas o cargos, por ejemplo a través de testamentos o donaciones. Definir los límites de la propiedad es normalmente un tema que no se atiende con el debido rigor.

Como se decía anteriormente, es necesario saber qué funciones falta cubrir en la zona y cuáles podría albergar el edificio. Para ello es necesario ver de manera conjunta el edificio, el entorno inmediato y su inserción en el entorno mediato, tanto en la cuestión física y las capacidades volumétricas, cuanto en el impacto que puede tener la nueva función que se pretende instaurar. Con ello deberá medirse el impacto positivo de desarrollo del sitio, así como la posibilidad de impactos negativos para el edificio y la comunidad involucrada.

Por ello no es posible encarar una restauración sin tener en vista la función definitiva. Y es imprescindible asegurar el mantenimiento posterior a través de líneas de trabajo eficaces, manuales de conservación y programas de monitoreo, algo en que hace treinta años viene insistiéndose, aunque no siempre es observado.

En fin, es esencial mirar al patrimonio construido en tierra con ambas perspectivas: las que dan los avances en el tema de la arquitectura de tierra y la que ofrecen los progresos en los estudios patrimoniales del último medio siglo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Huesca (1994). *La construcción tradicional*, Vídeos, 4 v., Huesca: Colegio Oficial de Arquitectos Técnicos de Huesca.

Consejo de Monumentos Nacionales de Chile, (2010). *Patrimonio en tierra. Sismo 2010*. Santiago: Consejo de Monumentos Nacionales de Chile.

Daireaux, G. (1904). *La cría del ganado en la estancia moderna*, 3ª ed., Buenos Aires: Prudent & Moetzel.

Gutiérrez, R.; Viñuales, G. (1979). La documentación histórica en la restauración de monumentos. *Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico*, 2. México: INBA. p. 6-19.

ICOMOS (1964). *Carta Internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios* (Carta de Venecia).

ICOMOS (1972). *Premier colloque international sur la conservation des monuments en brique crue. Yazd, Iran - November 25-30, 1972.* Conseil International des Monuments et des Sites et ICOMOS-Iran.

ICOMOS (1999), Carta del patrimonio vernáculo construido.

Kate K.; Stewart D. (1977). *Adobe notes or how to keep the weather out with just plain mud*, Santa Fe: New Mexico publishing Company. [edición original: Taos, The Laughing Press, 1930].

Schuetz, M. (1987). *Architectural practice in Mexico City*, Tucson: The University of Arizona Press.

UNESCO; UNDP (1983). *International symposium and training workshop on the conservation of adobe. Lima and Cuzco, Peru -September 10-22, 1983-*, Lima: Regional Project on Cultural Heritage and Development - ICCROM.

Viñuales, G. (1981). Documentación y evidencias en obra. En *Nessun futuro senza passato*. p.151-163. Napoli: ICOMOS.

www.todopatrimonio.com [19-3-2013]. En este sitio se encontrarán los principales documentos internacionales.

Currículo

Graciela María Viñuales, Buenos Aires, 1940. Arquitecta por la Universidad de Buenos Aires. Doctora en Arquitectura por la Universidad Nacional de Tucumán. Especializada en Restauración por UNESCO en Cusco, Perú. Investigadora Principal del Consejo Nacional de Investigaciones, Argentina. Directora del Centro Barro, CEDODAL, Buenos Aires. Fundadora de la Red Habiterra. Miembro de Proterra.

ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE RESTAURACIÓN DEL MUSEO HISTÓRICO DE LA CIUDAD REMIGIO CRESPO TORAL, CUENCA, ECUADOR

María de Lourdes Abad, Fernando Zalamea

Consultores Proyecto Museo, Cuenca – Ecuador
labad11@hotmail.es

Palabras claves: Arquitectura en tierra, reforzamiento estructural.

Resumen

El Museo de la ciudad de Cuenca, Ecuador, Remigio Crespo Toral, está ubicado en el barranco del río Tomebamba, es una edificación de cinco niveles, construida con muros de adobe, ladrillo y bahareque. El inmueble es de principios del siglo XX, de gran valor patrimonial para la ciudad. Conjuntamente con los inmuebles colindantes, conforma un tramo con un alto valor simbólico, formal y paisajístico, que muestra una gran armonía de estilos, proporciones y materialidad.

Tiene dos fachadas con diferentes expresiones formales, tipológicas, y simbólicas. Mientras la fachada que da hacia la calle Larga, tiene una fuerte influencia del neoclásico y del Art Decó, como pototipo de las vanguardias europeas, en un momento de transición de estos dos estilos en la ciudad. Con predominio del Art Decó, expresado en figuras geométricas, frisos, molduras, claves, filetes, y en las líneas de remate de la fachada. Resalta el trabajo del ladrillo visto, que fue reproducido en las viviendas colindantes que conforman el tramo y se integran formando un armónico conjunto.

Para salvar el barranco, la fachada que da hacia el río se desarrolla en cinco niveles, su expresión formal se relaciona con la arquitectura vernácula, su materialidad responde al uso de la tierra, el ladrillo y la madera como principales componentes. De formas rectangulares, sin ornamentación, con grandes ventanales y terrazas.

La edificación ha sido intervenida en varias etapas. El objetivo central del presente proyecto es la actualización de los Estudios de Restauración; la valoración de las intervenciones ejecutadas; y, el planteamiento de la propuesta final para de esta manera concluir el proceso de restauración del Museo.

Sin duda, la forma de intervención en una estructura patrimonial es un tema de mucho debate y discusión a nivel mundial; de hecho, las diferentes posiciones dependen también de la formación de los técnicos así como de la época en la que se interviene.

Este proyecto no busca calificar o descalificar las intervenciones realizadas, más bien recoger los aciertos y desaciertos de los trabajos ejecutados para que la propuesta final provenga de las experiencias obtenidas.

Es importante exponer el presente caso de intervención, en una edificación patrimonial de arquitectura de tierra a fin de enriquecer la discusión sobre los procedimientos y para afrontar el problema de la consolidación estructural en bienes patrimoniales; bienes que han estado expuestos a diferentes intervenciones a lo largo del tiempo y que tienen elementos asociados a su arquitectura como pintura mural, papel tapiz y latones policromados.

1. INTERVENCIONES CONSTRUCTIVAS EN EL MUSEO REMIGO CRESPO TORAL

El inmueble (Figura 1) es adquirido en 1981 por el Municipio de Cuenca, iniciándose las intervenciones en el año 1987 con el primer proyecto de restauración arquitectónica[1]. Estudios que sirven como base inicial de las intervenciones, que se emprenden en el año 1994 hasta el año 2008.

De acuerdo a los datos obtenidos, se detectaron cuatro etapas constructivas. Durante las dos primeras, desde 1994 hasta 1998, se interviene en el ala oeste del inmueble,

impermeabilizándose cubiertas, consolidándose parte de los muros y de los pisos; además, se implementaron instalaciones.

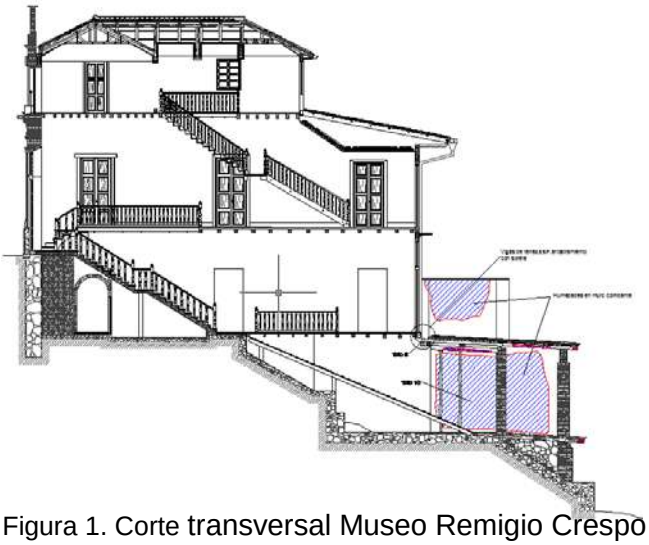


Figura 1. Corte transversal Museo Remigio Crespo Toral

En las dos siguientes etapas, desde 1999 hasta el 2007, se ejecutan las mayores intervenciones estructurales en muros, pisos, cielos rasos, así como en elementos asociados a la arquitectura como el papel tapiz, el latón policromado, la pintura mural entre otros elementos.

El Municipio de Cuenca y la Agencia Española de Cooperación Internacional, en el año 1999, crearon la Escuela Taller Cuenca; para ello, designaron a esta edificación como su sede temporal y como su principal obra al "Museo de Historia de la Ciudad". Estructuralmente se refuerza el sistema de pilares, soleras y vigas de madera, mediante encamisados con perfiles de hierro, se refuerzan las vigas de piso con fibra de carbono. Se interviene en cubiertas, en revestimientos, carpinterías y se empieza el trabajo en latón policromado y papel tapiz.

En el año 2007 el Municipio de Cuenca[2] a través de la Unidad Ejecutora realiza un diagnóstico llamado "Estudio y seguimiento para la evaluación de la parte estructural del Museo Remigio Crespo", que sirvió como base para intervenir en el refuerzo de muros de adobe, en los dos niveles superiores en el área Este, con encamisados de mallas de hierro, recubiertas con morteros de cemento.

Durante el desarrollo del presente proyecto, se realizaron obras de emergencia con cubiertas provisionales y apuntalamientos por problemas de filtraciones de aguas lluvias en las terrazas del museo; no se ha ejecutado, hasta el momento, ninguna obra de intervención aunque ya está planteada la propuesta final para culminar con el proceso de restauración y su posterior puesta en valor.

2. INTERVENCIONES

Para el diagnóstico de la condición estructural del inmueble, al año 2011, se analizó la condición de los diferentes componentes después de las diferentes intervenciones.

2.1. Cubiertas

En todas las etapas de intervención las cubiertas fueron impermeabilizadas con láminas asfálticas sobre tableros. La estructura de madera de la cubierta se mantiene en la cubierta frontal, y en la crujía posterior la estructura de madera es sustituida por estructura metálica

asentada sobre una loseta de hormigón que remplazó a las soleras de madera que existían en los cabezales de muros de adobe.

2.2. Refuerzo estructural de muros

2.2.1. Bahareque

La Escuela Taller realizó consolidaciones y refuerzo estructural de las paredes de bahareque en la fachada posterior, con encamisados metálicos en la estructura de madera en soleras, vigas y pilares; para ello, utilizaron perfiles de cinco centímetros por tres milímetros de espesor y, epóxicos como lijantes.

Uno de los inconvenientes encontrados es que el sistema articulado entre pilares, zapatas y monterillas ha sido rigidizado perdiéndose la condición inicial de la estructura de madera de los muros de bahareque. Los problemas detectados por la no continuidad en los muros se mantienen, pues no existe encadenamiento entre los perfiles de pilares, soleras y monterillas.

En algunas áreas se sustituyó el carrizo, el relleno de barro con malla metálica y mortero de cemento, produciéndose una serie de fisuras por incompatibilidad de materiales, de la madera con los morteros duros.

2.2.2. Muros de adobe y ladrillo

El refuerzo estructural realizado en la última etapa parte de la elaboración de un modelo tridimensional de la edificación que establece el siguiente comportamiento de la edificación en diferentes condiciones de carga[3]. De esta manera, del análisis del modelo tridimensional de los muros soportantes de adobe se observa que, para solicitaciones de carga gravitatoria, estas no presentarán mayor problema en cuanto a los esfuerzos a los que serán sometidos, como se observa en la gráfica N-1 pues se presentan únicamente esfuerzos de comprensión que son menores a los esfuerzos que puede admitir el adobe.

Sin embargo, cuando se producen solicitaciones sísmicas se observa que existe concentración de esfuerzos en las uniones de muros, generándose así esfuerzos importantes de tracción que el adobe es incapaz de admitir. La figura 2 presenta los esfuerzos que se generan, el cambio de color indica el cambio de esfuerzos generados.

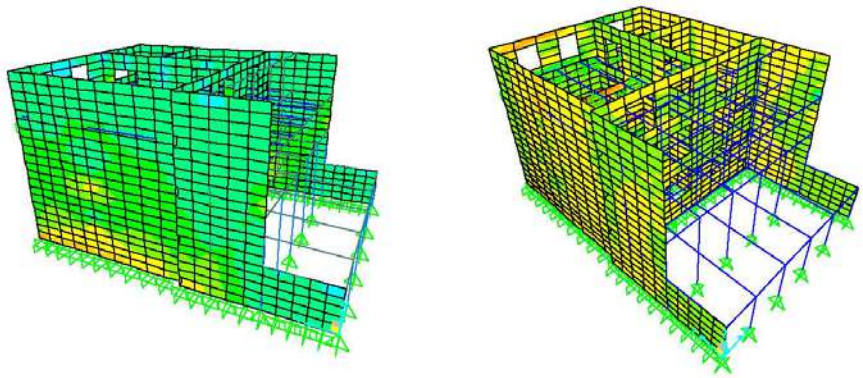


Figura 2. Museo Remigio Crespo Toral. Izquierda esfuerzos de comprensión en muros. Derecha esfuerzos de tracción

De acuerdo a los autores del proyecto los objetivos del refuerzo estructural fueron:

- Reducir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe, para salvaguardar la vida de sus usuarios, y su propiedad.
- Convertir el sistema estructural original, de mampostería no reforzada y no confinada, en un sistema de mampostería confinada y parcialmente reforzada.
- Desarrollar un sistema de reforzamiento estructural adecuado a las tipologías constructivas de adobe que se utilizan en el país, en base a sistemas de reforzamiento

que se han demostrado efectivos mediante pruebas experimentales, basados fundamentalmente en el uso de malla electrosoldada como elemento resistente a las solicitaciones de tensión.

- Determinar un sistema de reforzamiento estructural económico.

Considerando el modelo desarrollado el sistema de reforzamiento estructural propuesto por el Ing. García consiste en colocar un refuerzo que enmarque a cada pared, y que además vincule a todas las paredes en sus juntas con lo que se consigue un enmarcado global. El propósito fue mejorar la resistencia de cada muro, sobre todo su resistencia post fisuramiento, y se asegura el trabajo de conjunto de las paredes al mantenerlas juntas en sus uniones. El refuerzo además resiste las tensiones que se presentan en el material[4] (Figura 3).

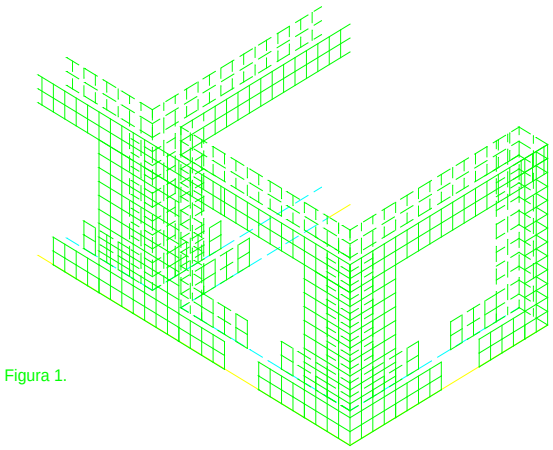


Figura 3. Ubicación de refuerzos horizontales y verticales en muros

Para los encamisados se retiran las dos capas de revestimientos, el revoque de barro y paja, y el empañete de estiércol de caballo y caolín, proporción 1:1, para luego enlucir con mortero de cemento mediante una lechada de cal como puente entre los adobes y el mortero; como acabado final se utilizaron empastes industriales.

Esta intervención se ejecuta tan sólo en la planta baja y primer subsuelo en las zonas señaladas en los planos.

2.3. Refuerzo estructural de vigas de entrepiso

Los entrepisos de inmueble están estructurados sobre vigas de madera, tiras durmientes y revestimientos de tablas, y en áreas de las terrazas con acabado ladrillo artesanal.

Los pisos que están sobre el terreno natural tienen una base de piedra, en las áreas intervenidas con revestimiento de una loseta de hormigón.

Las vigas de madera se encuentran simplemente apoyadas sobre los muros de adobe, en las zonas en donde los cabezales de los muros son visibles se consolidó colocando unos pasadores sobre las vigas para que tengan sujeción las vigas entre sí, y poder fundir una pequeña losa cabecera sobre el muro de adobe que sirva de apoyo para las vigas y el entablado.

A nivel de envigado se implementó tensores pasivos con fibras de carbono enlazando los muros de la fachada frontal y posterior, para lo cual se utilizan ángulos de platinas de hierro y pernos de sujeción.

En las zonas expuestas se consolida los cabezales de los muros para apoyar a la estructura de madera del piso.

3. ESTADO ACTUAL

3.1. Áreas intervenidas

Las paredes de adobe, ladrillo y bahareque en el área intervenida con encamisados de malla y mortero de cemento no presentan problemas de fisuras y grietas, se observan micro fisuras en las áreas de enlucido rígido que aun no han sido cubiertas con empastes industriales.

En los ambientes intervenidos en planta baja sobre el mortero de cemento se volvió a colocar el papel tapiz restaurado, con el inconveniente de que el cambio de materiales del acabado de las paredes no ha permitido una buena adherencia pues el pH del papel es diferente al que se tenía anteriormente cuando se utilizó como acabado final caolín con estiércol de caballo[5].

Los enlucidos originales de los muros de revoques de barro y paja, y empañete, mantienen intactos en las áreas no intervenidas.

Los enlucidos de la fachada posterior se encuentra fisurados y agrietados, se utilizó morteros rígidos de cemento con malla metálica.

En general, en todo el inmueble fueron detectadas humedades en varios muros de piedra. Si bien esta patología no afecta de manera importante a estos muros, es preciso considerar que los muros de adobe están junto a los muros de piedra y éstos van a ser afectados considerablemente por dicha humedad. Es por ello necesario determinar el origen de estas fuentes o fugas de agua y realizar las reparaciones requeridas, antes que se produzcan daños de consideración.

3.2. Áreas no intervenidas

En el área no consolidada existen grietas importantes; dos son mayores a un centímetro y en las esquinas menores a cinco milímetros.

La realización de calas prospectivas, en los muros en las zonas de las grietas, permitió conocer que éstas no se han producido por problemas de asentamientos en la cimentación; al parecer es una consecuencia del comportamiento del material. Es necesario considerar que el adobe es hecho de tierra, por tanto es un material no estabilizado[6]. Esto implica que cuando se encuentra bajo esfuerzos sostenidos se generan deformaciones que se incrementan en el tiempo. Un factor importante para el grado de dicha deformación es la humedad que existe en el ambiente o humedad directa por una fuga de agua.

De tal manera que en los muros con mayor tamaño y carga se van a generar (aparte de las deformaciones elásticas iniciales) deformaciones mayores que las deformaciones de los muros más cortos y menos cargados, la diferencia de estas deformaciones van incrementándose a lo largo del tiempo, generándose grietas en las zonas más débiles o en donde existan agujeros o discontinuidades en los muros.

Al producirse las grietas en las zonas más esforzadas, la estructura encuentra un nuevo estado de equilibrio; por ello, se espera que estas grietas sigan ensanchándose lentamente en el transcurso de los siguientes años. Esta diferencia de deformaciones produce además de grietas en las paredes, disminución de continuidad de la estructura y desnivel en los pisos superiores.

Este mismo fenómeno se encuentra más mucho marcado cuando se trata de dos materiales diferentes, como es el caso de los muros de adobe que se encuentran junto al muro de la fachada que es de ladrillo, como se puede ver en la figura 4. En consecuencia, la grieta es una evidencia de la deformación que sufre los muros de adobe en el tiempo, por ser un material no estabilizado, mientras que el muro de mampostería no se deforma.

Es preciso recalcar que la grieta no es consecuencia de un fallo estructural, hay que buscar la manera de rellenar y dar continuidad al muro; sin embargo, esto no es fácil de conseguir.

Por otra parte, existen grietas en unión de muros de bahareque con muros de adobe, producidas por trabas insuficientes, o por diferencia de materiales, la tierra del adobe se deforma con el tiempo y los pilares de la madera del bahareque impiden la deformación de la pared de bahareque (Figura 5).

Existen oquedades en las paredes del muro de adobe, para colocación de instalaciones; en algunos casos se ha realizado en la base. Estas oquedades debilitan la resistencia de los muros, por lo que debería evitarse realizarse o hacer el menos daño posible.

Figuras 4 y 5. Encuentrro de muro de adobe con pared de ladrillo, y muro de bahareque con pared de adobe

4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Los muros de adobe se ubican entre los muros gruesos con una relación de esbeltez de entre la altura y el espesor, de cinco, en las condiciones menos favorables.

El proyecto plantea:

- Un diseño basado en la estabilidad de los muros, con la presencia en la parte superior del muro de vigas soleras que mejoran considerablemente la estabilidad fuera del plano.
- Conexiones flexibles de amarre entre los muros perpendiculares que sujetan las paredes entre sí, pues las deformaciones que presentan estos muros son muy diferentes; por ello, su conexión debe ser flexible.
- Dotar de uniones que resistan el desplazamiento relativo y permanente de los muros adyacentes, que estan separados por grietas o fisuras, dar continuidad en el plano (Leroy et al, 2002).
- La revisión general de cada uno de los encamisados metálicos en las vigas, pilares y soleras para recuperar su condición de sistema articulado.
- La consolidación estructural de los muros manteniendo, dentro de lo posible, los materiales originales propios de los elementos del museo mediante llaves de madera y la inyección de morteros enriquecidos para recuperar la continuidad de los muros y, además, recalzando los muros.
- La revisión, durante la intervención, de la compatibilidad de trabajo del material existente, con los nuevos materiales a utilizarse.
- El mantenimiento y no la restauración de los latones policromados y del papel tapiz; para ello, plantea el retiro del papel tapiz tan sólo en las áreas a reforzarse.

4.1 Inyecciones

Las inyecciones propuestas son base de cal y puzolanas, la calidad, dosificaciones de materiales y los procesos de inyección provienen de las experiencias realizadas en obra

durante los trabajos realizados por el FONSAL en la ciudad de Quito y el Decreto de Emergencia de Patrimonio Cultural del 2008 (Woolfson, 2010)[7].

Las grietas que van desde tres hasta cinco milímetros, son inyectables con mortero que contendrá los materiales y proporciones indicados en la tabla 1.

Tabla 1. Proporciones de inyecciones – grieta de 3 mm a 5 mm

Cal hidratad	3 3/4 partes
Puzolana roja o café	1 1/2 partes
Cemento Portland	1 parte
Arena de río lavada	2 partes (podría usarse una de arena de río lavada y una de polvo de piedra rosada que cumpla las condiciones de tamiz indicadas para los otros rubros de inyección)
Agua	3 partes
Aditivo estabilizador	2% peso del cemento

Para las grietas de uno a dos milímetros se inyectará lechada de cal conformada por lo indicado en la tabla 2.

Tabla 2. Proporciones de inyecciones – grieta de 1 mm a 2 mm

Cal hidratada	2 partes
Polvo de piedra pómez	2 partes
Cemento Portland	0,5 parte
Agua	1 1/2 partes
Aditivo estabilizador	3% del peso del cemento

4.2 Refuerzos con madera

Las llaves de madera deben ser de eucalipto tratadas contra hongos e insectos; su diseño varía por la ubicación, de acuerdo al tipo de encuentro de paredes. Se propone tablones de eucalipto, unidos con pernos tuercas y arandelas; las llaves se ubican a diferentes alturas de la pared (figura 6).

4.3 Calzadura de muros de adobe

Están incluidos en este tipo de intervenciones, aquellos elementos estructurales que han sufrido rotura y trituración de la mampostería, o que han sufrido socavación por acción del agua, debiendo ser ésta sustituida parcialmente por una nueva mampostería. El descosido y cosido consiste en la operación de sustitución de elementos confinados de mampostería partidos, socavados o fisurados. Especialmente en el área de los muros de ladrillos colindantes Este.

La sustitución se debe iniciar por la parte inferior del área afectada y se la debe realizar por los paramentos que estuviesen afectados. Es necesario retirar los materiales rotos o disgregados en tramos de una altura máxima de 50 cm. El material a utilizarse debe ser de ladrillo para las áreas de encuentro de paredes de adobe y ladrillo, de una resistencia mínima de 60 kgf/cm^2, con mortero de cal, cemento, arena, 1:1:6. Se avanzará de esta manera hasta completar el área fisurada.

En caso de quedar alguna duda sobre la adecuada sujeción del nuevo material, se realizarán inyecciones con mortero expansivo.

Los adobes a ser utilizados provendrán de las liberaciones o se podrán construir nuevos de similares dimensiones a los del muro a recalzar; éstos deberán ser en base de arcilla libre de materia orgánica.

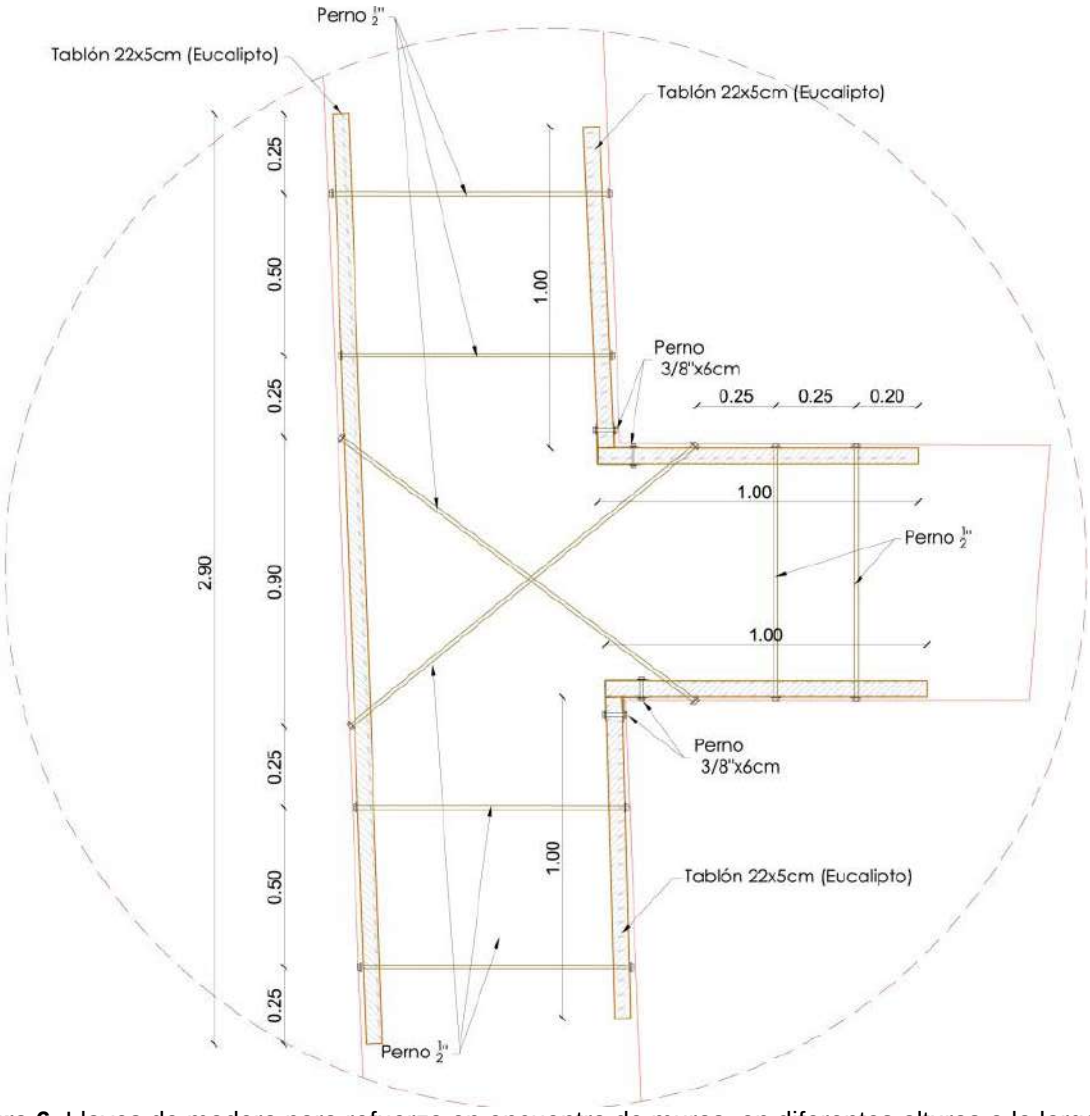


Figura 6. Llaves de madera para refuerzo en encuentro de muros, en diferentes alturas a lo largo de muro

5 CONCLUSIONES

El equipo de trabajo multidisciplinario constituido para el Proyecto de Actualización de los estudios de restauración del Museo Histórico de la Ciudad Remigio Crespo Toral llegó a las siguientes conclusiones:

- La mayor parte de daños producidos se han realizado por intervenciones no adecuadas a la condición del inmueble.
- La falta de mantenimiento y la falta de continuidad influyen negativamente en las estructuras de muros construidos con tierra.
- El tipo de encamisados realizado como refuerzo para los sismos, convierte a los muros de adobe en materiales encapsulados cuyo comportamiento en el futuro es incierto; no podemos comprobar su condición interna.
- La colocación de refuerzos realizados en las esquinas con encamisados de malla y morteros de cemento plantea procesos de intervención en los elementos asociados a los muros, produciendo cambios en la base de soporte que afectan a su condición inicial. En el presente caso ocasionó un cambio en el pH del papel, razón por la cual se han producido abultamientos.

- Es necesario que todos los procesos constructivos en una intervención deban ser registrados, conservados y catalogados para que en el futuro la información y los resultados obtenidos pueda ser utilizados en futuras intervenciones.
- Las prácticas que las escuelas de formación deberían ser ejecutadas en bienes inmuebles que no tienen un gran valor patrimonial, como es el caso del Museo de la Ciudad que, además, tienen elementos asociados a la arquitectura como pintura mural, latones policromados o papel tapiz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Leroy Tolles, Edana; Kimbro, E.; Ginell, Williams S (2002). *Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorisistente de estructuras históricas de adobe*. The Getty Conservation Institute.

Woolfson, Olga (2010). *Informe Decreto de emergencia del patrimonio cultural 2008-2009*. Quito: Ministerio Coordinador de Patrimonio.

Notas

[1] Proyecto realizado por el Arq. Simón Estrella y complementado por el Arq. Manuel Contreras.

[2] El Municipio retoma las obras a través de la Unidad Ejecutora y contrata al Arq. Wilson Pacurucu como administrador de la obra. Se elabora el estudio estructural que fue realizado por el Ing. Gabriel Garcia.

[3] Condiciones de Carga: CM + CV, CM + CV+/- SISMO X, CM + CV +/-SISMO Y. Ing. Tamayo Hernán, Memoria Técnica Refuerzo Estructural, 2007.

[4] En: Memorias de cálculo y de la ejecución del estudio y seguimiento de la parte estructural del Museo Remigio Crespo Toral. Ing. Gabriel Garcia, 2007.

[5] De acuerdo al diagnóstico realizado por la restauradora Mariana Amoroso, se han producido abultamientos en el papel en diferentes áreas; al ser el papel de origen orgánico, no se ha logrado una buena adherencia.

[6] En: Actualización de los estudios de restauración del Museo Remigio Crespo Toral. Diagnóstico estructural. Ing. Fernando Zalamea, 2011.

[7] Previa la aplicación de las inyecciones se necesita realizar pruebas de laboratorio referidas principalmente a la resistencia a la compresión, a la estabilización del volumen del mortero, a la adherencia, al grado de producción de sales solubles. Ministerio Coordinador de Patrimonio Cultural, Decreto de Emergencia 2007. Especificaciones Técnicas.

Currículo

Lourdes Abad. Arquitecta, Consultora especialista en Restauración. Máster en Energías Renovables. Segundo Curso Panamericano sobre la Conservación y el Manejo del Patrimonio Arquitectónico Histórico-Arqueológico de Tierra. Proyecto Terra Chan Chan Trujillo, Perú. Representante de la Ciudadanía en la Comisión de Áreas Históricas y Patrimoniales ciudad de Cuenca. Varias Obras de restauración, y construcción con Tierra.

Fernando Zalamea. Ingeniero Civil. Doctor en Estructuras, Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor en Universidad de Cuenca. Varios proyectos de intervención en inmuebles patrimoniales, Iglesia de San Francisco, Santo Domingo entre otros.

DIÁLOGOS ENTRE INGENIERÍA Y EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN. LA DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS FRENTE AL 27F

Carolina Aguayo Rojas[1], Eduardo Hurtado Gajardo[2], Jocelyn Tillería González[3]

[1,2] Departamento de Patrimonio
[3]Departamento de Ingeniería Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, Chile.
[1]carolina.aguayo@mop.gov.cl; [2]eduardo.hurtado.g@mop.gov.cl; [3]jocelyn.tilleria@mop.gov.cl

Palabras claves: Reconstrucción, Restauración, Patrimonio, Norma Tierra Cruda

Resumen

En la historia de la Restauración en Chile -la cual tiene muy corta data y se estima que las primeras intervenciones fueron por parte del Estado y corresponden a mediados del siglo XX-, se han experimentado variadas soluciones constructivas y estructurales, y que van desde aquellas de mayor invasividad a otras de menor intervención.

Como testimonio efectivo, luego de los graves sismos que aquejan al territorio nacional, el tema reflota y se generan iniciativas específicas en recuperar el "espíritu" de los poblados, mediante obras que permitan rescatar su historia.

Sumado a esto, el Estado visualiza la urgencia en recuperar su patrimonio arquitectónico, por lo que en el año 2008 se puso en ejecución el Programa Puesta en Valor del Patrimonio, iniciativa cuyo eje fue proteger y poner en valor los bienes patrimoniales declarados Monumentos Nacionales, de modo que generen beneficios socio-económicos que contribuyan al desarrollo sustentable. Este programa de 5 años ha permitido restaurar una serie de inmuebles fiscales o de propiedad privada sin fines de lucro, de diversos usos, tales como iglesias, museos, centros culturales, fuertes, faros, entre otros, muchos de ellos afectados por los últimos graves terremotos en Chile: Punitaqui (1998), Tarapacá (2005) y Cobquecura (2010).

Es así como en la historia de la restauración del patrimonio nacional, la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas ha tenido como hilo conductor la preocupación de este tema dentro de sus ejes temáticos institucionales, los cuales se han acrecentado con el Programa, al ser el subjecutor de éste y al encontrarse desarrollándolo cuando sucedió el último gran terremoto en Chile.

Tras el terremoto del 27 de febrero de 2010 se generó un quiebre en las posturas de restauración en Chile, en las cuales se habían ya asimilado los conceptos de "mínima intervención" y "reversibilidad", definido por las Cartas Internacionales y se comienzan a incorporar masivamente los criterios de acciones de "reconstrucción total y parcial", tras los graves daños.

Las áreas más afectadas en este terremoto corresponden a territorios que en su mayoría cuentan con edificaciones en base a tierra cruda, y que del total de los proyectos vigentes de restauración, llevados por la Dirección de Arquitectura entre las regiones de Valparaiso, O´Higgins, Maule y BioBio corresponden a prácticamente un 70% del total.

Esto ha conllevado a la existencia de un diálogo obligatorio entre las áreas de Ingeniería Estructural y Arquitectura Patrimonial, a lo que se suma que al corresponder a inversiones estatales, exige responder a criterios de seguridad estructural y de durabilidad normadas por el Estado.

Por medio de la exposición de casos, en base a tierra cruda, emplazados en las regiones afectadas por el terremoto del 27F, estableceremos un diálogo entre el proyecto de restauración y los requisitos estructurales, llevando a la mesa el estado de la recuperación patrimonial en Chile.

1. LA RESTAURACIÓN PATRIMONIAL EN CHILE Y LA ACCIÓN DEL ESTADO MEDIANTE LA DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

La Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas es una institución de larga data en la preocupación y accionar frente a la recuperación del patrimonio inmueble en

Chile, siendo la primera a nivel estatal en interesarse en su conservación. Ya en 1949 el Ministerio de Obras Públicas inicia las primeras obras de restauración de Monumentos Históricos. Se obtienen fondos para las obras de conservación del Pucará de Lasana, las cuales se efectúan entre los años 1949 a 1953; se restaura la Iglesia de Achao entre 1954 y 1955 y el Castillo de Niebla entre los años 1965 a 1968, todos proyectos realizados bajo la dirección del experto en restauración de la Dirección, Sr. Roberto Montandón.

Durante la segunda mitad del siglo XX se realizaron múltiples intervenciones en inmuebles históricos como la reconversión a Centro Cultural de la antigua Estación de trenes de Caldera, la restauración de la Catedral San Marcos de Arica y del Ex Casino Ross de Pichilemu y la consolidación estructural de las Iglesias de Freirina y Nirivilo, entre muchos otros casos. Siendo en este periodo las primeras intervenciones en la recuperación de inmuebles patrimoniales en base a tierra cruda.

Producto de todo este conocimiento que ha adquirido la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, en su larga historia dedicada a la Edificación Pública, es que a partir del año 2006 se comienza a trabajar en la obtención de un crédito con el Banco Interamericano de Desarrollo BID, el cual se suscribe el año 2008, siendo nuestra Institución la destinada a ser la unidad técnica de este Programa denominando Puesta en Valor del Patrimonio.

2. ESTADO DE LA RESTAURACIÓN PATRIMONIAL EN CHILE EN INMUEBLES EN BASE A TIERRA CRUDA

2.1 El accionar previo al terremoto 27F

Anterior al gran terremoto que ha sufrido Chile en 2010, ya existían varias líneas de trabajo asociadas a la protección y el rescate patrimonial.

A modo de ejemplo, durante los años 1998 y 2002 se elaboró el inventario Patrimonio Cultural Inmueble, concluyendo en doce tomos que daban cuenta del patrimonio construido en Chile en todas las regiones vigentes en el país. Éste corresponde al primer gran esfuerzo del Estado por catastrar y evaluar el estado de conservación de todo el patrimonio histórico y arquitectónico público y privado en Chile.

Asimismo, tras el terremoto de Tarapacá del año 2005 (magnitud de 7,9 en la escala de Richter), se gestó una cartera de iniciativas asociadas al patrimonio religioso de la región, las que habían sido dañadas gravemente, en las cuales las construcciones de tierra y piedra, se vieron destruidas parcial o totalmente. Entre ellas, destaca la restauración de las Iglesias de Huaviña, Usmagama, Camiña y Huasquiña.

A causa del terremoto de Tocopilla del año 2007 (magnitud de 7,7 en la escala de Richter), surgen proyectos como las restauraciones de las Iglesias de San Pedro de Atacama, Chiu Chiu, Caspana y Ayquina, de las cuales, si bien se tienen los diseños, no se han logrado ejecutar aun las obras.

Éstas y otras acciones dan cuenta de un ejercicio constante de parte del Estado en la protección de su patrimonio, el cual ha tenido su punto más relevante a través de la generación del Programa Puesta en Valor del Patrimonio (PPVP).

2.2 El terremoto 27F

En pleno desarrollo del PPVP surgen nuevos requerimientos y un replanteo de la mirada de la restauración y consolidación estructural vigentes a esa época. Es así como las edificaciones de la zona central del país, de las cuales abordábamos en etapa de diseño, prácticamente un 80% edificadas en tierra cruda, fueron en su mayoría gravemente dañadas. Sin embargo, permitió registrar *in situ* el comportamiento de soluciones constructivas, que a la fecha, se consideraban como las más adecuadas.

A modo de ejemplo, interesante fue el caso del proceso de Restauración de la Iglesia San Pedro de Alcántara[1], ubicada en la comuna de Paredones, VI región del país, en que la obra

de ejecución se había iniciado el año 2009 y tras el terremoto se encontraba en pleno proceso. En este caso, la intervención se puso a prueba tal como una mesa vibratoria de laboratorio escala 1:1, y se detectó el comportamiento tras la incorporación de mallas electrosoldadas por ambas caras de los muros de adobe, unidas mediante conectores de acero con terminación de revoque bastardo y pintura a la cal, viga de coronación de hormigón armado y diafragmas metálicos y de placa de madera a nivel de cielo. Cabe mencionar, que aquellas áreas que no habían sido intervenidas al momento del sismo, sufrieron graves daños e incluso derrumbes parciales.

Como en este caso, posterior al terremoto, se pusieron en jaque varias posturas teóricas y estructurales de intervención en inmuebles patrimoniales, como por ejemplo, cuando se proyectó la restauración, se concibió sólo intervenir aquellas áreas que se encontraban dañadas estructuralmente. Fue justamente en aquellas áreas no intervenidas donde se generó el daño y a lo cual se tuvo que aplicar en forma posterior al terremoto la solución indicada precedentemente o bien reconstruir. Por otro lado, el ingeniero del proyecto había estimado colocar las mallas a modo de franjas dispuestas en forma diagonal, situación que fue modificada en obra dispuesta continuamente por ambas caras de forma completa.

Si bien, este caso ha servido para mostrar una alternativa de solución estructural, la cual es discutida a la fecha por la incorporación de hormigón, corresponde a una propuesta que funcionó cabalmente cuando fue solicitada.

Figura 1. Iglesia San Pedro de Alcántara, post-terremoto, marzo 2010

Este nuevo escenario obligó tanto a arquitectos como ingenieros, a revisar la mirada de cuánto, cómo y dónde intervenir en estos inmuebles, generando un diálogo importante entre ambos para dar respuesta a las nuevas necesidades, lo cual sumado a la mirada institucional, en que prevalece la seguridad de las personas, la durabilidad de la inversión pública y la concientización de la reducida mantención en este tipo de edificios, ha obligado a ser uno de los actores más importantes en la concepción y determinación de la Norma para edificaciones en base a tierra cruda en nuestro país.

Lo sucedido el 27F se presentó como un laboratorio del quehacer en la recuperación patrimonial inmueble en el país, revelando la falta de políticas e inversión pública que procuren un mantenimiento continuo de estos bienes, además de la carencia de profesionales y mano de obra especializada.

2.3 Proyecto de norma “Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda”

El terremoto del 27F reflejó la falta de una Norma, que regulara el reforzamiento de construcciones declaradas patrimoniales, en base a tierra cruda y con ello la intervención en inmuebles patrimoniales con sistemas constructivos que incorporan este material. Es sabido que tanto las mamposterías en piedras como las albañilerías simples no tienen normas

validadas de diseño estructural que usen estos sistemas constructivos como esqueleto resistente. Esto generó que el comité que se encontraba trabajando en una norma patrimonial genérica, redirigiera su rumbo hacia la elaboración de una norma asociada a este material.

La existencia de una Norma, que regule al menos los reforzamientos estructurales y sus alcances, de las construcciones de tierra cruda en nuestro país otorgará un nivel seguridad estructural a las edificaciones y mejorará la probabilidad de su permanencia posterior a la acción de un sismo, permitiendo la seguridad de quienes los usan, como también la continuidad de la memoria constructiva de nuestro patrimonio.

A la fecha se cuenta con un anteproyecto aprobado cuyos objetivos son: …establecer los requisitos mínimos que debe cumplir un proyecto estructural para la renovación, recuperación, reforzamiento o restauración de las construcciones con valor patrimonial.

Los proyectos regulados por esta norma deben estar orientados a lograr estructuras que:

a) resistan con daños menores los movimientos sísmicos de intensidad leve;

b) limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad; y

c) aunque presenten daños, eviten el colapso global de la estructura durante sismos de intensidad severa.

Los criterios de diseño de la intervención, consecuentes con las cartas internacionales de conservación y los principios adoptados por Chile, desde un punto de vista estructural son:

a) criterios basados en mantener, restituir o aumentar la capacidad estructural, cuyo objetivo es resistir las fuerzas de diseño estático y sísmico;

b) criterios basados en el desempeño estructural durante los sismos, cuyo objetivo es controlar los desplazamientos de la estructura agrietada por ellos, evitando el colapso de los elementos, en base a refuerzos de mínima intervención, compatibles y reversibles; y

c) criterios mixtos, donde se complementan los dos criterios anteriores.

Estructuralmente esta norma propone una metodología para determinar el corte sísmico para análisis de la estructura existente homologado al concepto del análisis estático de la NCh 433 Of96 MOD 2009, y de los reforzamientos propuestos, así como de la caracterización vía parámetros obtenidos experimentalmente del suelo de apoyo homologados a la caracterización de suelos indicada en el DS 61, y valores consensuados por la comisión de la norma sobre parámetros importantes tanto para el análisis como la resistencia de materiales que es la base de las normas de diseño de cualquier material**.**

3. SOBRE NORMATIVA DE ESTRUCTURAS PARA RESTAURACIÓN, RECONSTRUCCIÓN Y REFORZAMIENTO DE EDIFICACIÓN PATRIMONIAL EN TIERRA CRUDA EXISTENTE

Sabido es que la mayor cantidad de estructuras patrimoniales en Chile, ya sea para inmuebles o puentes, se hizo anterior a los años 1930, vía albañilería simple que visto como “obra gruesa”, cambia a través de la materialidad y geometría de la unidad, y el mortero de pega. De estas estructuras, la única cuyo material no tiene una norma de diseño estructural asociada es aquella en donde hay elementos resistentes conformados por albañilería de adobe, ya sea en parte o todo el elemento, de forma que se pueda usar como elemento estructural. Una de las consecuencias de esto es que las estructuras hechas en adobe no se pueden analizar sísmicamente usando la NCh 433 Of.96 MOD 2009, ni el DS 61 del 13.12.2011, por ende no se puede tener una estimación ni asegurar su estabilidad estructural frente a una solicitación sísmica. De hecho tampoco se puede calcular una sección resistente en adobe.

Por otro lado, con el último sismo del 27 de Febrero de 2010 (27F) ocurrió una serie de destrucciones de inmuebles patrimoniales, en particular en la Región del Maule, donde

colapsaron viviendas e Iglesias y el emblemático puente de albañilería de ladrillo, conocido como el Puente sobre el Río Claro.

Como el patrimonio guarda relación con la historia original de las culturas y los pueblos, se hace imperioso poder tratar de estabilizar, reforzar, confinar o rehacer en parte, estructuras patrimoniales en base a tierra cruda. Esto ha dado origen a que en el Departamento de Patrimonio de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, se haya coordinado con el Departamento de Ingeniería de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas y connotados Ingenieros Estructurales de generar la norma NCh 3332.c2012 Estructuras – Intervención de Construcciones Patrimoniales de Tierra Cruda – Requisitos de Proyecto Estructural, como una forma de salvaguardar y reconstruir estructuras en adobe y sus variantes, para que puedan tener un comportamiento con alguna confiabilidad, la que se debe determinar, frente a sismos en Chile y su reparación en caso de lesiones que asegure la integridad de las personas.

Entre otros, los grandes problemas del adobe son su falla frágil frente al corte basal por sismo, el confinamiento de muros, el vaciado de muros y la continuidad de la unión, todo ello hace que este material no sea aceptable como material de construcción en muchos países sísmicos, no sólo en Chile sino también en Japón y otros. Por ende, el único fin que se persigue es restaurar edificios patrimoniales de adobe para su uso con alguna seguridad a definir frente a sismos, obviamente con una mayor cantidad de lesiones aceptables esperables, pero evitando el colapso para sismos de alguna intensidad que sea posible de “asegurar” (puede ser leve o moderada intensidad).

Los temas de fondo a considerar en el tiempo son la confección de materiales y la estimación de sus propiedades mecánicas para elementos nacionales, la adopción de ensayos de laboratorios para establecer valores de parámetros de diseño y/o análisis de elementos confeccionados, la técnica de confección de adobes y mortero de pega, las condiciones de protección del clima, compatibilidad de refuerzos de intervenciones estructurales (como mallas de acero, geomallas, madera, entro otros), las condiciones del suelo de apoyo y sus parámetros para el análisis y diseño sísmico, y el nivel de daño y solución de compromiso que se está dispuesto a aceptar para este tipo de estructuras.

Respecto de la caracterización sísmica del suelo de apoyo del inmueble se hace imperativo adaptar y/o adoptar ensayos que permitan hacer informes concluyentes tanto de la condición del suelo como de los parámetros sísmicos. Es por ello que se considera absolutamente necesario permitir clasificar el suelo adoptando el valor de Vs según DS 61 con alguna modificación, cuyos valores pueden ser revisados para este tipo de intervenciones y proyectos. El tema de fondo es obtener no sólo parámetros confiables si no trazables frente a problemas futuros, en alguna eventualidad de colapso, además de ser valores objetivos del estado del arte a usar para el proyecto de estructura de la intervención o reforzamiento o reconstrucción.

Por otro lado, el sismo del 27F mostró en Constitución un segundo enemigo que colapsó viviendas cerca del mar, el tsunami, el agua se mezcló con el adobe y lo desintegró como elemento provocando que variadas estructuras de adobe colapsaran estrepitosamente, por ende hacer estas estructuras en terrenos inundables, o en terrenos blandos es inadmisible, ya que frente a un evento de esta magnitud, se asegura su colapso total.

Por último debemos hacer notar que es muy difícil que esto converja a una norma que permita la construcción en adobe ya que su seguridad estructural frente a sismos y tsunamis es incierta y sólo se hará para edificación pública que salvaguarde el patrimonio tanto como sea posible.

4. LA RECONSTRUCCIÓN EN LA RESTAURACIÓN

Como se explicó anteriormente, tras el sismo del 27F nos enfrentamos a una nueva condicionante para la recuperación de inmuebles patrimoniales, ya que muchas de las edificaciones que estábamos interviniendo, tuvieron un colapso parcial o total, y para poder

continuar con las labores de restauración surgen cuestionamientos del qué hacer, si se debe o no reconstruir, y si fuera así, cómo hacerlo, se generó un debate entre criterios universales de intervención y exigencias de las realidades locales.

Asimismo era prioritario actuar a la brevedad y evitar una mayor degradación de los inmuebles, y al no contar con una norma que respaldase la reconstrucción en base a tierra cruda en Chile, por lo que vuelve el debate entre restauración e ingeniería estructural.

Bajo este criterio nos encontramos con la Restauración de la Parroquia de Nuestra Señora del Rosario de Guacarhue en la región de O`Higgins.

4.1 Restauración Parroquia Nuestra Señora del Rosario de Guacarhue[2]

Proyectada por el arquitecto italiano Joaquín Toesca y construida en la segunda mitad del siglo XVII.

La Parroquia se caracteriza por su volumetría elemental, una arquitectura que responde a los patrones de las edificaciones del área rural de la zona central de Chile, y al uso del adobe en la construcción de sus muros.

Este inmueble -como la mayoría de los emplazados en este territorio- ha debido resistir diversos sismos que han generado daños acumulados, y contaba además con problemas de humedad asociados a la proximidad de las fundaciones al nivel freático.

Tras el terremoto del 2010 colapsa la nave central, en pleno desarrollo del diseño de restauración, revelando lo ya proyectado por el equipo consultor (Patricio Arias). Haber contado con un adecuado levantamiento crítico pre-terremoto permitió generar un último registro actualizado del inmueble y conocer a ciencia cierta su comportamiento estructural frente a un sismo de esas características, con un desenlace anunciado en los estudios de mecánica de suelos.

Enfrentados a este escenario, no existieron dudas de la aplicación del criterio de “reconstrucción”, y menos aún sobre la utilización de adobe para su ejecución, ya que desde un inicio, los principales valores del inmueble se encontraban asociados a su materialidad. Tras este criterio el proyecto de ingeniería respalda la decisión, porque una reconstrucción en base al sistema constructivo original, permitirá una mejor compatibilidad entre la obra nueva y el resto de la edificación.

El proyecto consideró desde un inicio al adobe como un material de conexión, con el lugar y la historia constructiva de la zona, testigo de las tecnologías constructivas locales. El único elemento del conjunto que se reconstruyó en material diferente (hormigón armado) fue la torre, por estar completamente intervenida tras una anterior restauración, separando este elemento del resto del inmueble.

La nave principal se reconstruirá íntegramente (al momento del presente artículo, se encuentra en proceso de ejecución), incluyendo sus fundaciones, para lo cual se contempla materializar muros de adobe armado con escalerillas horizontales y armaduras de piel constituidas de malla metálica electrosoldada, conectadas entre sí por barras metálicas de repartición.

> *Los muros serán rigidizados por contrafuertes reconstruidos, que se extenderán en 0,6 m. y estarán ejecutados con la misma técnica de los muros. En el coronamiento de éstos se incorporarán soleras longitudinales metálicas que recibirán las vigas de techo nuevas. Entre las soleras metálicas se agregarán montantes y diagonales metálicas, soldándose las mallas electrosoldadas a dichas soleras. De igual forma, se consolidarán los dinteles de todos los vanos, mediante la unión de sus piezas componentes a través de pernos que se anclarán a las mallas.* (15 Proyectos de Restauración - Programa Puesta en Valor del Patrimonio Chile, Departamento de Patrimonio DA-MOP, 2012, p.134).

Así el proyecto de restauración, recupera las técnicas tradicionales de construcción con un diseño mejorado, vinculado a las solicitudes de seguridad estructural con que toda edificación pública debe cumplir.

Figura 2. Iglesia de Guacarhue, año 2009

Figura 3. Iglesia de Guacarhue post-terremoto, año 2010

5. LA RESTAURACIÓN EN EDIFICACIONES CON SISTEMAS MIXTOS

Muy abundantes en Chile, las edificaciones con sistemas mixtos pueden ser producto de sucesivas reparaciones tras daños provocados por terremotos, o como resultado de técnicas constructivas locales asociadas a la disponibilidad de los materiales.

5.1 Restauración Iglesia de la Merced de Rancagua[3]

Conjunto de finales del siglo XIX, se compone de 3 edificaciones, iglesia, casa parroquial, y sector educacional con noviciado, las dos primeras edificadas en adobe, y la tercera con sistemas mixtos entre hormigón armado, albañilería y tabiquería de madera. Tras el sismo de 2010, la iglesia en sí presenta la mayor cantidad de daños, ya que contaba con reparaciones inadecuadas en albañilería de ladrillo cerámico en los muros longitudinales de adobe, ejecutadas en 1974, lo que generó el desprendimiento de 3 de los 4 contrafuertes, y el colapso del restante. Los siguientes daños se localizan en el encuentro de nave con torre que también contaba con reparaciones en ladrillo cerámico.

Tras el estudio de alternativas de recuperación, entre restauración, arqueología –ya que cuenta con potencial arqueológico- y requerimientos estructurales, se opta por eliminar la totalidad de las intervenciones posteriores para devolver a la situación estructural original del adobe en masa, criterio que se repite en gran parte de los proyectos de intervención en edificaciones en adobe realizados bajo el Programa Puesta en Valor de Patrimonio.

El proyecto incluye además la reconstrucción de los contrafuertes en adobe con un diseño mejorado a través de escalerillas de madera y una mejor adherencia al muro original. Debido a la calidad del suelo, y el gran potencial arqueológico, se incorporarán en estos elementos reconstruidos una nueva fundación a través de micropilotajes.

La totalidad de la iglesia se reforzará a través de la incorporación de un revoque armado (malla eletrossoldada más mortero).

6. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Otros estados de conservación, en los inmuebles patrimoniales, que han generado debate entre restauración e ingeniería estructural, son aquellos que tras la acción de un sismo no han presentado daños estructurales, pero requieren ser llevados a la norma y que asegure su continuidad en el tiempo, responsabilidad asociada a la inversión que hace el Estado para su recuperación.

Frente a este tipo de edificaciones en base a tierra cruda, nos hemos encontrado con posturas que no ven necesaria la realización de estudios como el de mecánica de suelos, y que se avalan en el comportamiento histórico del inmueble, geometría y espesores de muros.

6.1 Restauración y Puesta en Valor Villa Cultural de Huilquilemu, Talca[4].

El proyecto de Restauración de la Villa Cultural de Huilquilemu, se ha presentado como materia de debate frente a la conservación de inmuebles patrimoniales en adobe que han resistido diversos eventos telúricos, y que presentan daños mínimos, la mayoría de ellos asociados a la falta de mantenimiento e intervenciones posteriores que combinan nuevos materialidades y sistemas constructivos.

La Villa Cultural de Huilquilemu corresponde a un inmueble del tipo casa estancia, edificada en la primera mitad del siglo XIX, a través de albañilería de adobe, sus recintos se encuentran configurados en torno a dos patios conectados a través de corredores con columnas de madera, con cubierta de madera y teja muslera. Tras el último sismo del 2010 este inmueble ha sufrido daños mínimos en la edificación de adobe original, presentando solamente colapso en un área intervenida.

Figura 4. Villa Cultural Huilquilemu, año 2011.

Al momento de definir los criterios de intervención, las primeras interrogantes van dirigidas al nivel de intervención que se realizará, considerando el buen comportamiento sísmico de este inmueble, debido a la conservación de su arquitectura original, y a que cada evento telúrico presenta diferentes esfuerzos sísmicos, que a la fecha no han colapsado al

inmueble, ¿es necesario intervenir?, ¿y si es así, que materiales se deberán utilizar?, ¿es necesario realizar estudios de mecánica de suelos?, ¿qué coeficientes de diseño se deberán aplicar si no existe norma de diseño para adobe en Chile?. Nos enfrentamos a un inmueble con desgaste estructural, y como hemos dicho anteriormente, cualquier intervención que realice el estado deberá asegurar el cumplimiento de los niveles de seguridad estructural exigidos para toda edificación pública. Tras estas interrogantes, se decide aplicar como criterio una actualización al diseño, reforzando solamente las áreas más débiles estructuralmente a modo preventivo, como encuentros de muros, los cuales se reforzarán con malla electrosoldada fijada al adobe con estacas de madera y posteriormente revocadas (revestimiento armado).

7. CONCLUSIONES

Frente al terremoto del 2010 se generó un laboratorio escala 1:1 en el país que marcó un antes y un después en los criterios y técnicas de intervención patrimonial en estructuras de adobe, por lo que este material vuelve a formar parte del debate de los especialistas de la construcción y tanto la comunidad como los profesionales del área reconocen los valores y la importancia de su recuperación.

Los puntos van asociados a tres principales hechos, el primero relacionado a los nuevos criterios de intervención como son la reconstrucción, restauración de sistemas mixtos y la conservación preventiva, criterios vinculados a las buenas y malas prácticas de restauración aplicados a la fecha. El segundo relacionado a la generación de datos que dan pie a la creación de nuevas técnicas de consolidación del adobe, y el tercero vinculado al creciente interés que ha tomado el rescate de edificaciones en adobe, involucrando a la comunidad y a profesionales de diferentes áreas que reconocen los valores histórico-culturales con que estas construcciones cuentan y que para su conservación generan nuevos documentos, siendo el ícono la creación de la nueva norma de restauración de edificaciones patrimoniales en tierra cruda, que a la fecha se encuentra en consulta.

Sobre los nuevos criterios, las buenas y malas prácticas, nos encontramos con intervenciones que mostraron un buen comportamiento estructural como la malla electroslodada en el proyecto de restauración de la Iglesia de San Pedro de Alcántara, en que todo elemento consolidado con este sistema resistió el sismo, y aquellas áreas no consolidadas generaron graves daños, lo que dio pie a la formación de un nuevo criterio asociado a una “conservación preventiva” que deberán tener presentes los proyectos de restauración en áreas no dañadas a la fecha.

También no debemos olvidar el criterio de intervención que se hizo necesario para el rescate de edificaciones en adobe, nos referimos a la “reconstrucción” tal como registramos en el caso de la restauración de la Parroquia Nuestra Señora del Rosario de Guacarhue, tras el colapso de la nave principal fue necesario replantear el proyecto de restauración, permitiendo su reconstrucción con un sistema mejorado, prestando principal atención a los encuentros entre lo nuevo y lo histórico. Este criterio solo fue permitido ya que la consultoría se encontraba en proceso, y previo al terremoto se había realizado un levantamiento acucioso del inmueble, lo que permitió su reconstrucción. Este criterio también demostró la falta de normas en el país que regulen la obra nueva en adobe, teniendo que acomodar el proyecto a los estándares de seguridad estructural que exige el Estado.

Asociados al segundo punto, estos errores también han generado nuevas posturas y han dado libertad a que se generen innovadoras técnicas de reparación en las estructuras de adobe patrimoniales y tecnologías apoyadas por profesionales de la ingeniería estructural, que se encuentran en un constante perfeccionamiento, abriendo una ventana a la investigación, para que todos los profesionales interesados en la recuperación de estas estructuras, puedan seguir generando soluciones. Lo que demuestra que en Chile se necesitan más laboratorios que permitan llevar a ensayes nuevas propuestas de consolidación estructural, que se generen más oportunidades para que el mundo académico

invierta en generar conocimiento de esta materia, y que por parte del Estado siga el compromiso del rescate patrimonial.

Otro de los puntos a concluir es que tras lo ocurrido el 27F, se ha renovado el interés por los sistemas constructivos en adobe en el país, siendo tema en los equipos de estudio interdisciplinarios, que reconocen el valor histórico-cultural y constructivo de este material, y no solamente asociado a la valoración de su componente climático (inercia térmica) que a la fecha en el país había sido valorado. Este interés lo demuestran las nuevas publicaciones en revistas especializadas nacionales vinculadas a la construcción, se publican manuales como el generado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción "Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda", y el más destacado que corresponde a la NCh 3332.c2012 "Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda – Requisitos del proyecto estructural", en que participan destacados profesionales, principales instituciones vinculados a temas estructurales y de conservación del país, encontrando a la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas entre ellos.

Desde el punto de vista de la Ingeniería Estructural esta norma propone una forma de realizar un análisis sísmico de las soluciones de los reforzamientos propuesto de inmuebles patrimoniales para edificación pública lesionados por un sismo, basado en la medición de las propiedades sísmicas del suelo de apoyo según el parámetro de velocidad de onda de corte asimilando el estado del arte en Chile, de acuerdo a la clasificación sísmica de suelos del DS 61 adaptado a este tipo de construcciones, como ya se dijo para fines de restauraciones patrimoniales. Los alcances también se han adaptado a lo que actualmente es posible dar cuenta para estas estructuras, que permita analizarlas e intervenirlas estructuralmente de una manera objetiva.

Con este artículo queremos registrar la importancia que tiene para el Estado el rescate de inmuebles patrimoniales con estructuras en base a tierra cruda, ya que son el registro de la historia social-constructiva del país, corresponde a un material presente a la largo todo Chile -encontramos casos de edificaciones en adobe desde la región de Arica a la región de Aysén-, y nos interesa poder compartir estas experiencias para que sirvan de antecedente en la generación de nuevos estudios para el rescate de estos inmuebles. Además reconocer que somos un país que tiene mucho por aprender, y esperamos que más instituciones se involucren en este rescate.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Departamento de Patrimonio DA-MOP (2012).*15 Proyectos de Restauración Programa Puesta en Valor del Patrimonio Chile*. Santiago: Departamento de Patrimonio.

MINVU – NTM 002 (2010). *Estructuras: Proyecto de intervención estructural de construcciones patrimoniales de tierra*. Santiago, p. 1.

Notas

[1] Consultoría cuya unidad técnica es la Dirección de Arquitectura, arquitecto restaurador Claudio Navarrete y calculista Gerardo Fercovic.

[2] Consultoría cuya unidad técnica es la Dirección de Arquitectura, arquitecto restaurador Patricio Arias y calculista Gerardo Fercovic.

[3] Consultoría cuya unidad técnica es la Dirección de Arquitectura, arquitecto José Luis del Sante y arquitecto restaurador Amaya Irarrázaval.

[4] Consultoría cuya unidad técnica es la Dirección de Arquitectura, arquitecto restaurador es Patricio Gross y calculista Raul Marchetti.

Currículos

Carolina Aguayo Rojas, Arquitecto Universidad de Chile (2002), Especialista en Conservación y Restauración Arquitectónica FAU - Universidad de Chile (2007), Diplomado en eficiencia energética y energía solar en la edificación pública, IDIEM – Universidad de Chile (2011). Miembro ICOMOS Chile. Trabajó en las Direcciones Regionales de Arquitectura MOP de Aysén y Maule. Equipo formulador Crédito BID (2007) PPVP. Jefa Subdepartamento Técnico del Departamento de Patrimonio DA-MOP.

Eduardo Hurtado Gajardo, Ingeniero Civil Pontificia Universidad Católica de Chile (1999), Diplomado en Eficiencia Energética y Energía Solar en la Edificación Pública, IDIEM – Universidad de Chile (2011). Especialista en áreas de Desastres Naturales -Japón becado por JICA. Ha hechos cursos de perfeccionamiento en Estructuras, Eficiencia Energética y Evaluación Social de Proyectos. Actualmente se desempeña como Jefe del Departamento de Ingeniería y Construcción DA-MOP.

Jocelyn Tillería González, Arquitecto U. Austral de Chile (2007), Máster en Restauración de Edificios ETSAM U. Politécnica de Madrid (2007), Doctor © en Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico ETSAM U. Politécnica de Madrid. Catalogación patrimonio etnográfico Comunidad de Madrid (2009-2011). Integrante equipos de restauración de inmuebles en Madrid, Segovia, Cádiz y Barcelona. Miembro equipo PPVP en el Departamento de Patrimonio DA-MOP.

VIVIENDA DE QUINCHA EN EL VALLE DEL CHOAPA

Felipe Carrasco, Valentina Moreno, Victoria Rozas, Paulina Orellana, Sofía Unda

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Chile, Tel: (+56) 9-5400099
felipe.carrasco@ug.uchile.cl, valepaz.morenol@gmail.com, vita_rosc@hotmail.com;
paulina.orellana90@gmail.com, sofia_unda@hotmail.com,

Palabras clave: Arquitectura vernácula, patrimonio en tierra, sistema de quincha, Valle del Choapa

Resumen

La quincha es un sistema constructivo tradicional, que viene empleándose en Chile desde la época prehispánica. Este saber popular transmitido informalmente, comenzó a masificarse en la época colonial y llegó a su máximo desarrollo en el siglo XVIII.

Nuestro caso de específico de estudio se encuentra en el Valle del Choapa, en el norte de Chile (S 30°-32O 70°-72°). Se trata de construcciones ubicadas generalmente en medios rurales, donde las casas de quincha fueron asumidas por los habitantes como la mejor forma de crear su hábitat de acuerdo a las condiciones naturales de este territorio.

Como parte de un trabajo de investigación sobre la arquitectura vernacular chilena, se estudió la vivienda de quincha del Valle del Choapa. Luego de un largo trabajo en terreno, se constató que la técnica de la quincha sigue vigente (entramado irregular de maderas encontradas en el contexto inmediato, cubiertas con un revestimiento de barro mezclado con otras plantas herbáceas), mientras su uso se ha reducido a bodegas, cocinas o espacios de instancias transitorias.

Estos cambios tienen su origen en la estrecha relación entre este ejemplo de arquitectura vernacular y el territorio donde se emplazan, donde cualquier cambio en éste último, provoca consecuencias en la conservación de la arquitectura. Los techos que alguna vez ocuparon el coirón (*Festuca gracillima*) del lugar, ahora son de zinc. Las personas, que alguna vez construyeron en comunidad sus viviendas, ahora han optado por desalojarlas, e incluso destruirlas y remplazarlas por la mal concebida idea de progreso, incluyendo el uso de materiales convencionales de construcción, que poco y nada tienen que ver con el territorio. El constante abandono de estas construcciones ha llevado su deterioro hasta el punto en el cual el barro resquebrajado se ha hecho un hábitat idóneo para la vinchuca (*Triatoma infestans*), insecto considerado como uno de los responsables del mal de Chagas, desencadenando con esto un círculo vicioso de desvalorización del patrimonio; por último, la inserción de la minera Los Pelambres en las cercanías, ha incidido negativamente en el antiguo estilo de vida y ha modificado las condiciones originales del Valle del Choapa.

Sin embargo, a pesar de este negativo escenario, se sabe estar frente a un patrimonio cultural, ambiental y tecnológico, donde aún se encuentran parcialmente vivos los conocimientos constructivos autóctonos, y donde la arquitectura se ha mantenido en pie pese a los terremotos y al paso del tiempo.

1. TERRITORIO

Adentrándose en el Valle del Choapa (figura 1) desde la costa, se puede percibir la morfología del territorio, este se delimita por la altura máxima de sus cerros de mediana altura que alimentan la cuenca, en la parte más ancha y baja de ésta, se forma una planicie estrecha que acoge la vegetación más alta de la zona y también el suelo más fértil. En los cerros aledaños, de color rojizo por su composición arcillosa, crecen pastizales verdes; aquí crecía otrora el coirón (*Festuca gracillima*), hoy prácticamente inexistente por la depredación del ganado caprino trashumante, insertado por los españoles, que saca la planta desde su raíz.

En las quebradas ubicadas en la umbría la vegetación es más abundante y se parece más a la que se podría calificar como mesófita de baja altura, y en su solana la existencia de espinos (*Acacia farnesiana*) y cactus (*Cactaceae*) recuerdan que se está ad portas del desierto de atacama.

Los valles y quebradas de régimen nivo pluvial alimentan el río grande del Choapa, alrededor de estos cursos de agua crecen las totoras (*Schoenoplectus californicus*), el coligüe (*Chusquea culeou*), la tupa (*Lobelia tupa*) y la chilca (*Fuchsia magellanica*), además de otras especies de mediana altura, por otra parte, la existencia de napas subterráneas mantiene a los árboles que alcanzan el nivel freático próximo al suelo. La oscilación térmica es baja y las precipitaciones son relativamente escasas en invierno, el valle posee un clima semiárido, con vegetación xerófita en primer orden y mesófita en segundo.

Figura 1. Vista del valle del Choapa desde el poniente.
Fotografía de autoría grupal, tomada en visita a terreno

2. ASPECTOS HUMANOS SOCIOCULTURALES

La vida humana en su mayoría se gesta en la parte más baja de la cuenca, debido a la fertilidad del terreno, la disponibilidad de área cultivable y la existencia de cursos de agua. Existe un sentido de pertenencia por valle o quebrada, el territorio se puede descomponer, según la percepción de los habitantes, por el inicio a término de un valle o curso de agua hasta fundirse con otro y de las alturas máximas que de alimentan la cuenca hidrográfica. Son habitantes en su mayoría de valles, cercanas al curso hídrico, que da el sustento a la vida. Desde la desembocadura en el océano de la cuenca hasta la ciudad de Salamanca, ubicada al interior del valle, se constata la presencia de una estructura predial; esta ordena una extensión predominantemente rural de densidad baja la cual compone al 34 % de la población del valle entero. Predominantemente este 34% se dedica al sector agropecuario de baja escala, con predios relativamente pequeños en comparación a la agricultura a gran escala. Illapel (21.826 hab), Salamanca (12.698 hab) y los Vilos (12.859 hab) son los asentamientos urbanos más grandes de la cuenca, los dos primeros en el interior y el tercero en la costa, todos en las planicies y/o cercanos a los cursos de agua. El 66% de la población vive en estos asentamientos, cuestión potenciada mediante la inserción de otras actividades económicas como la minería y la agricultura a gran escala; la primera se gesta en los cerros de la alta cordillera. La minera los pelambres ha influido en la conformación del paisaje de manera significativa, todo lo que conlleva la extracción del mineral ha potenciado la vida urbana, ha aumentado la oferta de trabajo y con ello la infraestructura urbana, con construcciones del más alto nivel, vidrio y hormigón que contrastan con el viejo adobe con que se construyeron las fachadas continuas de aquellos pueblos.

3. ¿POR QUÉ LA CONSTRUCCIÓN EN QUINCHA?

La vivienda de quincha tiene relación intrínseca con lo rural, la vocación del valle en un principio según relatan los diversos informantes entrevistados en la visita a terreno, era netamente agropecuaria, la mayor pregunta era tomada con obviedad – qué otra cosa se podría haber hecho –.

Figura 2. Casa de quincha. Fotografía de autoría grupal, tomada en visita a terreno.

Las necesidades de las personas en aquellos tiempos, cuando se llegó a poblar este territorio apartado, eran básicas, con un riachuelo que alimentaba una tierra que era reacia en comparación con la fecunda tierra del valle central y alejados muchos kilómetros de los centros urbanos consolidados de Santiago y La Serena, y de sus vías de comunicación (ruta 5), como para recurrir a la importación de materiales que se asemejaran al orden arquitectónico colonial, la solución era evidente, se tomó todo lo que tenían a mano para hacer su propia vivienda, la cual se adaptaba perfectamente a exigencias climáticas y sísmicas. La escasez de mano de obra, también la inexistencia de mano de obra especializada, debido a la baja densidad de población, requería de un método constructivo que fuera fácil y rápido de construir. Así no se necesitaba un batallón de hombres para erguir una casa ni tampoco era necesario invertir mucho tiempo que se quitaba del dificultoso tratamiento de los suelos[1] y la actividad agropecuaria. Hoy en día, existe también la precariedad económica en la ruralidad, los habitantes continúan construyendo, aunque en mucha menor cantidad.

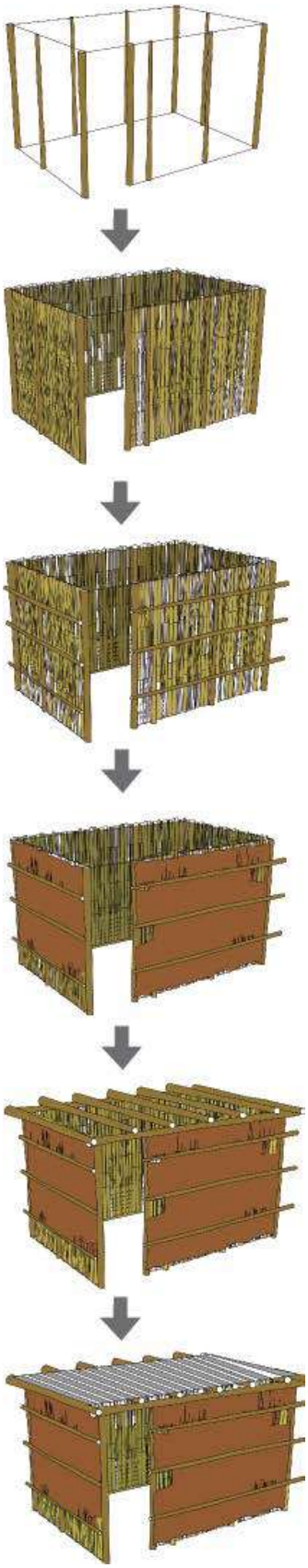
La vivienda responde de manera óptima a las exigencias climáticas, los muros delgados en comparación con los de más al sur o norte, nos dan atisbos de una comprensión del clima de los valles transversales y más aún del valle del Choapa en particular[2], realizando un esfuerzo menor en la elaboración de estos con resultados igualmente óptimos.

Además se puede apreciar la coherencia con que se ocupan los suelos arcillosos de la zona, los mismos que impiden una agricultura fácil, sirven para revestir los muros fácilmente, sin necesidad de elaborar adobe.

4. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DE LA CASA DE QUINCHA

4.1 Elementos, materialidad

El esqueleto de madera por lo general se hace de espino (*Acacia farnesiana*) o colihue (*Chusquea culeou*), actualmente se ocupan otras maderas no autóctonas, como el eucaliptus (*Eucalyptus*). La quincha se compone de totora (*Schoenoplectus californicus*), chilca (*Fuchsia magellanica*), espino (*Acacia farnesiana*) o de cualquier otro matorral que se le asemeje y que pueda ser “enquinchado”; el revestimiento es de barro y la techumbre de coirón (*Festuca gracillima*), que actualmente ha sido remplazado por el zinc, debido a la extinción de esta especie herbaria.



4.2 Distribución y uso

La zona rural y su parcelación amplia, da lugar a una granulometría mucho menos compacta, es el caso de la vivienda de quincha, en que cada una se encuentra separada de la otra, denotando distintos usos, si bien su primer fin fue para la vivienda total, hoy en día la casa de quincha se utiliza principalmente como bodega para el almacenaje de herramientas o alimentos no perecibles; también algunas casas de quincha son utilizadas como cocinas u otro tipo de habitación anexo a la casa principal.

4.3 Método Constructivo

El proceso de construcción de la casa de quincha se puede dividir en seis pasos (figura 3); esta secuencia fue relatada y registrada directamente de una persona que pasó más de 50 años de su vida construyendo las viviendas de quincha de su localidad rural, nos aseguró que le enseño su Padre y que era una tradición realizarlas y enseñar su construcción.

La primera etapa es cuadrar el terreno y poner los pies derechos perimetrales. Serán de coligue (*Chusquea culeou*) o alguna madera firme que sirva de esqueleto. En caso de requerirlo se pondrá un empotramiento de cemento.

Se procede a enterrar los pies derechos a 1 metro, un metro y medio aproximadamente de distancia entre ellos (Si es necesario se disponen las fundaciones de hormigón y un zócalo de piedra para evitar la humedad).

Se embarrila y se quincha con ramas de chilca ordenada y se amarra con alambre.

Se procede a cubrir con barro, la mezcla se hace con barro y paja, se deja fermentando unos días.

Se crea un envigado con troncos de eucaliptus (*Eucalyptus*), espino (*Acacia farnesiana*), coligue (*Chusquea culeou*), etc.

Se instala la techumbre que actualmente es de zinc, pero se hacía con coirón (*Festuca gracillima*) y barro.

Figura 3. Secuencia constructiva de la casa de quincha. Material de autoría grupal.

5. IDENTIFICACIÓN DE RASGOS SOCIALES Y CULTURALES ENTORNO A LA CASA DE QUINCHA

Es común dentro de los habitantes del valle reconocer a la vivienda de quincha, esta es identificada fácilmente entre los habitantes más antiguos, incluso recuerdan su materialidad y método de construcción diferenciándolo del adobe, aseveran también que era común en el pasado que la gente viviera en aquellas construcciones. Hoy siguen erguidas ciertas construcciones y se continúan construyendo de manera aislada, a pesar del precario estado de conservación y las crecientes amenazas.

La vivienda de quincha claramente representa la narrativa de un tiempo, donde el hombre, ante la necesidad de habitar el territorio, estableció una sociedad basada en la actividad agropecuaria local, la cual iba acorde a éste. Coherentemente, la tecnología constructiva establecía al igual que el sistema económico un vínculo, generaba identidad y una sabiduría local, esto también se correspondía con la geografía, la vegetación y el clima.

Es necesario resguardar esta narrativa histórica, incluso innovar en su tecnología, para que se adapte a las exigencias del mundo moderno. Sabiduría que lejos de gestarse en vano (barata, de rápida faena, acorde a las exigencias climáticas y vigorosa ante movimientos telúricos), es enseñanza para la generación de una correcta arquitectura, correcta en el sentido de estar a la altura de las exigencias de manera holística y no parcial, considerando asolamiento, oscilación térmica, movimientos sísmicos, costos, etc.

6. ESTADO DE CONSERVACIÓN

La construcción de quincha debido a sus ineludibles ventajas económicas, estéticas y estructurales, continúa siendo la opción de construcción para muchas personas que viven en condiciones rurales, no obstante, el estado actual muestra ciertos cambios que es necesario definir para hacer un correcto diagnóstico.

Figura 4. Casa de quincha. Fotografía de autoría grupal, tomada en visita a terreno.

Existe un paulatino descenso de la construcción de estas El uso, antes de la vivienda total, ha sido relegado en su mayoría a cocina y bodega. Se asocia el uso de estas viviendas con precariedad, falta de higiene y pobreza. La techumbre, antes de coirón (*Festuca gracillima*) ha sido cambiada por cubiertas de zinc, lo que la hace mucho menos estable en sismos debido a la falta de peso en la parte superior y cambia las condiciones térmicas de la casa. Además, no existen métodos implementados para que esta vivienda subsista ante las exigencias básicas de la contemporaneidad, como la instalación de circuitos eléctricos, agua potable o alcantarillado.

7. PROBLEMÁTICAS Y AMENAZAS

La influencia externa de inversionistas en el territorio ha generado cambios, que, aunque eventualmente aumentan las arcas municipales, causan en el territorio cambios que pueden ser perjudiciales cuando no están controlados, por otra parte, pueden ser un aporte cuando siguen correctamente las vías de la conservación. Sólo de una manera holística, se puede comprender cuál es la ética de valores a aplicar, de manera que nos beneficie a todos y a cada uno de los seres que conforman el territorio.

Dicho lo anterior, la vivienda vernácula al estar conformada desde el territorio y vivir ligada a este, provoca que todos sus procesos sean sensibles a los cambios que padezca, sean

naturales y/o socio culturales. La actividad minera no controlada constituye uno de los principales contaminantes de los acuíferos y las vertientes de agua. Esto al no ser tratado con la responsabilidad que concierne, pone en peligro toda la actividad económica agropecuaria de la zona, más aún la de pequeña escala, la cual depende de la constancia del recurso hídrico; la actividad agropecuaria va, como lo dijimos anteriormente, intrínsecamente ligado a la construcción de la vivienda de quincha.

Además, estas mineras al ser megaproyectos atraen grandes cantidades de flujos humanos, aumentando la densidad de las ciudades. Si bien trae beneficios en términos de especialización de servicios, animación de las calles, mixtura de usos, etc. hacen más dificultosa la tarea de no afectar al ecosistema. Al insertar una masa de población enorme se requieren proyectos de viviendas, por lo general estandarizados, copias de cualquier otro proyecto en cualquier parte del país, con este aumento de densidad provienen las grandes cadenas de supermercados, la construcción de carreteras y autopistas, etc.

Todo lo anterior, va en desmedro de los locales, si no se contempla un plan que resguarde la producción local, y lo más importante la ecología del territorio.

En conjunto con la minería, la agricultura a gran escala ocupa los acuíferos: la sobre explotación puede causar estragos medioambientales, como lo fue la extinción del coirón por el pastoreo excesivo de ganado caprino.

Otro problema es la vinchuca o *Triatoma infestans*, la cual habita en las grietas de muros que tienen como componente la tierra, como es el caso de adobe o quincha; el dictamen de los técnicos respecto de estos casos de vivienda fue la recomendación de cambiar las techumbres de coirón (*Festuca gracillima*) y barro, a techo de zinc, lo cual, sin desmerecer y agradeciendo los resultados óptimos con respecto al mal de Chagas o la *tripanosomiasis americana* (infección parasitaria crónica que destruye los ganglios parasimpáticos y se manifiesta años después de la incubación del parásito), que acarreó esta decisión (el salvar muchas vidas humanas), significó además de quitarle estabilidad a la construcción, además de sepultar en el imaginario colectivo, parte de una forma de identidad cultural, una sabiduría constructiva. En vez de tomar la drástica decisión de hacer volar las techumbres incubadoras del mal de Chagas, podría haber sido contemplada la innovación tecnológica de los materiales, como un revestimiento que sirviera como repelente o dificultara su desarrollo[3].

La no instauración de una norma de construcción que aborde las bondades de un método de construcción autóctono, como lo es la quincha, es una de las principales amenazas, ya que lo inhabilita al no tener un respaldo legal, que certifique en términos técnicos, que es una construcción segura para su uso; esto lo pone en una posición desventajosa con respecto a las técnicas constructivas normadas, sin embargo al no estar prohibida, las personas poseen un amplio margen para desarrollar la técnica que prefieren. El problema radica en la confianza del uso de los materiales. Es en el fondo invalidar la sabiduría local.

8. CONCLUSIÓN

En la presente investigación damos a conocer la urgencia de rescatar este sistema constructivo que nace como respuesta de un territorio; territorio que se ha ido modificando con la expansión y consumo indebido de parte de industrias de los recursos naturales del valle.

Respecto al tema del mal de Chagas, es muy posible evitar que la vinchuca (*Triatoma infestans)* habite las casas de quincha, esto con un buen mantenimiento del revestimiento de barro o con el uso de la cal, materia prima que se extrae en el valle del Choapa.

La quincha es un sistema vernáculo, que nace a partir de la problemática de habitar un territorio con ciertas condiciones climáticas y geográficas, además de la escasa mano de obra y recursos económicos. Frente a este contexto, la casa de quincha ofrece un buen

rendimiento, por sus cualidades térmicas, antisísmicas, así como su fácil accesibilidad y su bajísimo costo.

Es por eso que es necesario tener conocimiento de este saber constructivo que ha pasado por muchas generaciones y se desarrolla en muchos lugares de Latinoamérica.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo (2001). Squeo, F. A.; Arancio, G.; Gutiérrez, J.R., Eds. La Serena, Chile: Ediciones Universidad de La Serena.

Notas

[1] Novoa explica que los suelos en el valle del Choapa *Son moderados a profundos y su fertilidad natural varía de baja a media, presentando problemas para la penetración de las raíces. Esta capa endurecida aparece a profundidades entre los 30 cm y 70 cm, imponiendo condiciones de drenaje interno deficiente en la mayoría de los casos. Estos suelos sustentan toda la actividad agrícola regional, de manera que las limitaciones señaladas han debido ser enfrentadas por el agricultor para mantener la producción* (Libro Rojo, 2001, p.26).

[2] Una baja proporción de días despejados (sólo 20%) y la ausencia de heladas, son aspectos que caracterizan estos valles. Las sumas térmicas son mayores en el valle del Elqui que en el del Choapa, lo cual introduce diferencias importantes entre ambos (Libro Rojo, 2001)

[3] Durante todo este tiempo se ha luchado contra el *Triatoma infestans*, que es el insecto que habita en las casas. Para combatirlo se recurrió a campañas de desinsectación y se mejoraron las viviendas campesinas construidas generalmente en adobe, material que favorece la presencia de grietas donde anida el insecto. Los techos también fueron modificados, se reemplazaron por zinc o pizarreño…" Dra. Lorca de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile en el 2003 respecto a la erradicación del mal del Chagas. "Chile en vías de eliminar la vinchuca". Facultad de medicina de Universidad de Chile, http://www.med.uchile.cl/2003/julio/978-chile-envias-de-eliminar-la-vinchuca.html

Currículo

Felipe Carrasco, Valentina Moreno, Victoria Rozas, Paulina Orellana, Sofía Unda - Estudiantes de arquitectura de tercer año de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile

ARQUITETURA EM TERRA NO VALE HISTÓRICO PAULISTA – BRASIL

Andrea Cavicchioli, Maria Salete Perroni, Danilo Pereira Sato, Felipe Souza Neves Andrade

Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, Brasil,
andrecav@usp.br, saleteperroni@usp.br, danilo.sato@usp.br, felipe.souza.andrade@usp.br

Palavras-chave: Vale Histórico Paulista, Ciclo do café, Arquitetura em terra.

Resumo

O Vale Histórico Paulista, localizado na bacia do rio Paraíba do Sul, abrange os municípios de Queluz, Silveiras, Areias, São José do Barreiro, Arapeí e Bananal, distritos que a partir das primeiras décadas de 1800 se voltam para o cultivo de café, virando rapidamente um extraordinário polo de produção, com auge entre 1830 e 1870. Nessa época, os proprietários de terras se tornam grandes fazendeiros e adquirem ao longo dos anos fabulosas fortunas e influência política. Esses chamados *barões do café* buscam exibir seu status social, inclusive construindo residências ricas e imponentes, no campo como nas cidades. Os centros urbanos se desenvolvem juntamente com a atividade cafeeira. Entretanto, no final do século XIX, uma série de conjunturas econômicas desfavoráveis, a abolição da escravatura e o esgotamento da produtividade do solo, com a migração da produção para o oeste do Estado, desencadeiam uma crise que rapidamente provoca a decadência da região. Atualmente, essas cidades conservam os remanescentes arquitetônicos desse período histórico que são também os últimos exemplos de construções feitas com técnicas de construção em terra na região e constituem um importante legado cultural formado por fazendas, solares, palacetes, igrejas e vilas vernáculas. O objetivo desse trabalho é apresentar o projeto que uma equipe de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento da Universidade de São Paulo está realizando no Vale e cuja finalidade é o inventário das construções históricas e a avaliação de suas condições de conservação e dos possíveis impactos de mudanças climáticas futuras. Em particular, serão apresentados e discutidos o levantamento do uso de diferentes técnicas de construção em terra em tais edificações (taipa de pilão, pau-a-pique e adobe) e sua distribuição geográfica na região, com menção para os resultados preliminares das análises de amostras de materiais de construção coletadas em toda a região de estudo, realizadas com o intuito de caracterizar as matérias primas utilizadas e elucidar as técnicas de manipulação.

1. INTRODUÇÃO

A entrada da arquitetura em terra no estado de São Paulo no Brasil tem como registro mais antigo o pedido de Manoel da Nóbrega em 1549, em que consta a requisição de *officiais que façam taipa e carpinteiros* para executar construções na vila de São Vicente (Schmidt, 1946). Isso se dá somente sete anos antes da construção do Colégio da Companhia de Jesus em Piratininga por parte do padre jesuíta José de Anchieta, evento que marca a fundação da atual cidade de São Paulo.

A construção da vila de São Paulo de Piratininga, num planalto a cerca de 750 m de altitude, apresenta um diferencial importante em termos de técnicas construtivas com relação às modalidades da região litorânea, decorrente, sobretudo, da baixa disponibilidade das matérias primas típicas da construção em pedra e cal da costa. O isolamento do planalto em razão da barreira natural constituída pela Serra do Mar, dificultando a importação de materiais calcários, a abundância de solo argiloso e, ate certo ponto, condições climáticas menos desfavoráveis, contribuem para a introdução de técnicas em terra que permanecerão como a principal opção de edificação até o fim do século XIX (Lemos, 1999).

Segundo Kanan (2009) e Taveira (2002), o uso da arquitetura em terra é decididamente uma herança da colonização dos portugueses que, por sua vez, dominavam essas técnicas oriundas do continente africano em função da influência árabe na Península Ibérica. A possibilidade de, nessa tradição arquitetônica, ter operado a influência das populações trazidas da África, por exemplo, na constituição do pau-a-pique ao longo dos quatro séculos

de regime escravista no Brasil, é algo que foi conjeturado (Milanez,1958; Lopes, 2002; Santos; Rodrigues Filho, 2002), muito embora Kanan (2009) afirme não haver estudos suficientemente aprofundados a respeito. Já, Lemos (1999) argumenta que na província de São Paulo esta influência seria improvável, dado o predomínio de escravos indígenas, pelo menos numa primeira fase do período colonial.

No caso, a primeira arquitetura dessa região foi a bandeirista. As construções bandeiristas eram caracterizadas principalmente por paredes de 40 cm a 60 cm de espessura de taipa de pilão, tanto as externas como as internas, e fundações também em taipa dada a baixa disponibilidade de pedras. Essas eram feitas a partir de uma vala com profundidade aproximada de 50 cm em que se compactava a terra até que se ultrapassasse o nível do solo (Lemos, 1999; Saia, 1978; Schmidt, 1946). Ainda, segundo Saia (1978), as paredes mais antigas de taipa possuíam peças de madeira no interior, seja em sentido longitudinal, com intervalos de 60 cm a 100 cm, como no transversal para escorar as tábuas dos taipais para o enchimento da taipa.

Até o período eclético, isto é o final do século XIX, o emprego de arquitetura em terra continua sendo o principal elemento construtivo e os paulistas, inclusive, seriam tidos tradicionalmente como bons taipeiros (Lemos, 1999). De um modo geral, há consenso de que nessa abordagem a extração da terra era feita preferencialmente próxima ao local de construção, dada a dificuldade e o custo de transportar grandes massas de terra (Milanez, 1958; Schmidt, 1946). As terras vermelhas, roxa e parda eram consideradas as melhores, possivelmente pelo fato dessas se caracterizarem por baixos teores de matéria orgânica. Relata-se também que as misturas ricas em areia eram evitadas em razão de elas darem pouca liga e se esfarelarem com maior facilidade, muito embora esse fato seja contestado (Milanez, 1958) com base em ensaios realizados com diferentes porcentagens da fração arenosa. Quando a terra não apresentava características julgadas adequadas, complementava-se a mistura com fibras vegetais ou animais e estrume por serem elementos vantajosos para evitar rachaduras, dando-se importante atenção na escolha do tipo de revestimento das paredes (Houben; Guillaud, 1989; Saia, 1978). Outro elemento importante nestas construções e de grande importância era o papel dos telhados e a distância dos beirais, para a proteção das paredes e sua base dos desgastes pela chuva (Kanan, 2009; Milanez, 1958; Saia, 1978; Schmidt, 1946).

Mas já a partir do fim do século XVIII, pode-se observar uma progressiva decadência na qualidade técnica das paredes de taipa de pilão e de pau-a-pique, na qual deve ter pesado o caráter oral da forma de transmissão do conhecimento sobre as técnicas de construção e a mobilidade dos taipeiros em função de impulsos econômicos.

De qualquer forma, a arquitetura em terra perdura em São Paulo durante todo o século XIX, se entrelaçando nesse período com a trajetória histórica do estado e tendo um vínculo estreito com um dos mais importantes e determinantes fenômenos sociais e econômicos dessa época: o ciclo da produção do café, que tem no vale do Rio Paraíba do Sul o palco de seu primeiro *momentum.* Segundo Benincasa (2007) e Telles (2006), desde o século XVI até aproximadamente o fim do século XVIII, a atividade econômica do vale do Paraíba baseava-se na captura de índios, na procura de novas riquezas e, posteriormente, no abastecimento para Minas Gerais. Olhando especificamente para o lado paulista dessa bacia, ou seja, a região hoje denominada Vale Histórico Paulista (Figura 1), aqui, depois que os primeiros cafezais economicamente relevantes foram cultivados na faixa litorânea (Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião), a produção desse produto se expande sobrepujando uma modesta economia preexistente baseada na tropeirismo[1] e na cultura da cana de açúcar (Prado Jr. 1983). São essas as atividades que tinham determinado, na passagem do século XVIII para o XIX, a formação dos povoados que, posteriormente, se tornariam as vilas e os municípios do Vale Histórico. A primeira foi Areias (1816), desmembrada de Lorena (1778), seguida por Bananal (1832), Queluz (1842) e São José do Barreiro (1859), emancipadas de Areias, e Silveiras (1834), também separada de Lorena[2].

Com relação às diferentes técnicas de arquitetura em terra, as fontes indicam que a região de influência paulista (isto é, bandeirista) se estende até os municípios de Queluz e Areias,

havendo-se na fazenda Pau-d'Alho (São José do Barreiro, construída entre 1817 e 1819, localizada quase na entrada do centro urbano do município) um divisor de técnicas, visível sobretudo na disposição e organização das estruturas. Em sua concepção aparece já a influência dos engenhos de açúcar do Rio de Janeiro e elementos arquitetônicos do sul de Minas Gerais. O pau-a-pique e o adobe predominariam a partir daqui, em contraposição às paredes de taipa de pilão da tradição paulista (Lemos, 1999; Saia,1978).

Benincasa (2007) minimiza estas divisões geográficas sustentadas por Saia (1978) e Lemos (1999), em razão de ter verificado o emprego destas técnicas de diversas maneiras em todo o Vale do Paraíba e reforça que disponibilidade de pessoas com conhecimento nestas técnicas possa ter sido mais determinante. Argumenta-se também que o critério topográfico possa ter sido importante, já que a taipa de pilão seria típica de terrenos mais planos e, portanto, menos adequada e recorrente em fazendas e construções que precisavam de porões e eram construídas em terrenos mais acidentados. O pau-a-pique, por outro lado, interessava *pois era de mais fácil execução, mais rápida e econômica, além de ser leve e de facilmente adaptar-se às topografias acidentadas* (Lopes, 2002, p.2). Esse argumento encontra confirmação em Andrade (1984) que comenta das ocupações do vale na região de Taubaté e da preferência pela escolha de terrenos mais suaves em detrimento das encostas, seja por influência das peculiaridades da taipa de pilão, seja em decorrência de sua maior propensão para a instalação do terreiro.

Na arquitetura urbana, as casas mais populares eram majoritariamente de pau-a-pique somente, enquanto as edificações mais ricas poderiam ser de mais de um pavimento e misturavam as três técnicas. Em algumas edificações importantes empregariam pedra misturada com barro (Andrade, 1984; Reis Filho, 1978; Saia, 1978).

Entre o final do século XIX e o início do XX, verifica-se no Brasil um processo transicional coincidente com a abolição da escravatura, a proclamação da República e a chegada de populações imigrantes. Italianos, alemães, espanhóis e sírio-libaneses representam uma parcela da diversidade cultural que transformará localmente o Brasil, até então povoado pelos portugueses e pelas populações originárias e afrodescendentes. Resulta disso uma transição identitária e a implementação de uma política de esquecimento de práticas tradicionais decorrentes da emergência de uma ideia de modernidade e progresso, própria desse período. A decadência das técnicas de construção em terra, segundo Schmidt (1946) e Taveira (2002), teria sido reforçada pela propagação das olarias – intimamente ligada à chegada dos imigrantes – e, portanto, do emprego de tijolos, mais baratos e cuja produção poderia ser mais facilmente mecanizada e expandida. Nesse quadro, outros materiais como cimento e ferro eram associados à modernidade em contraposição a arquitetura em terra (Garcia, 2002).

Por algum tempo, as populações mais pobres continuariam recorrendo ao pau-a-pique (Milanez, 1958; Santos; Rodrigues Filho, 2002), mas em função de essas residências apresentarem problemas pela qualidade técnica imperfeita, com rachaduras que permitiam alojar insetos como o “barbeiro” (*Trypanosoma cruzi)*, vetor da doença de Chagas), essa técnica viria a ser associada à ideia de pobreza e insalubridade. Outro fator importante segundo Andrade (1984) era a regularidade fundiária e o tempo da permanência, populações que se encontravam em áreas em conflito de terra empregavam o pau-a-pique com um menor cuidado técnico, dado a incerteza da permanência. Até hoje, segundo Lopes (2002) o pau-a-pique ainda é marcado pela transmissão oral e é de conhecimento da população mais pobre enquanto os outros estratos e acadêmicos desconhecem essa técnica.

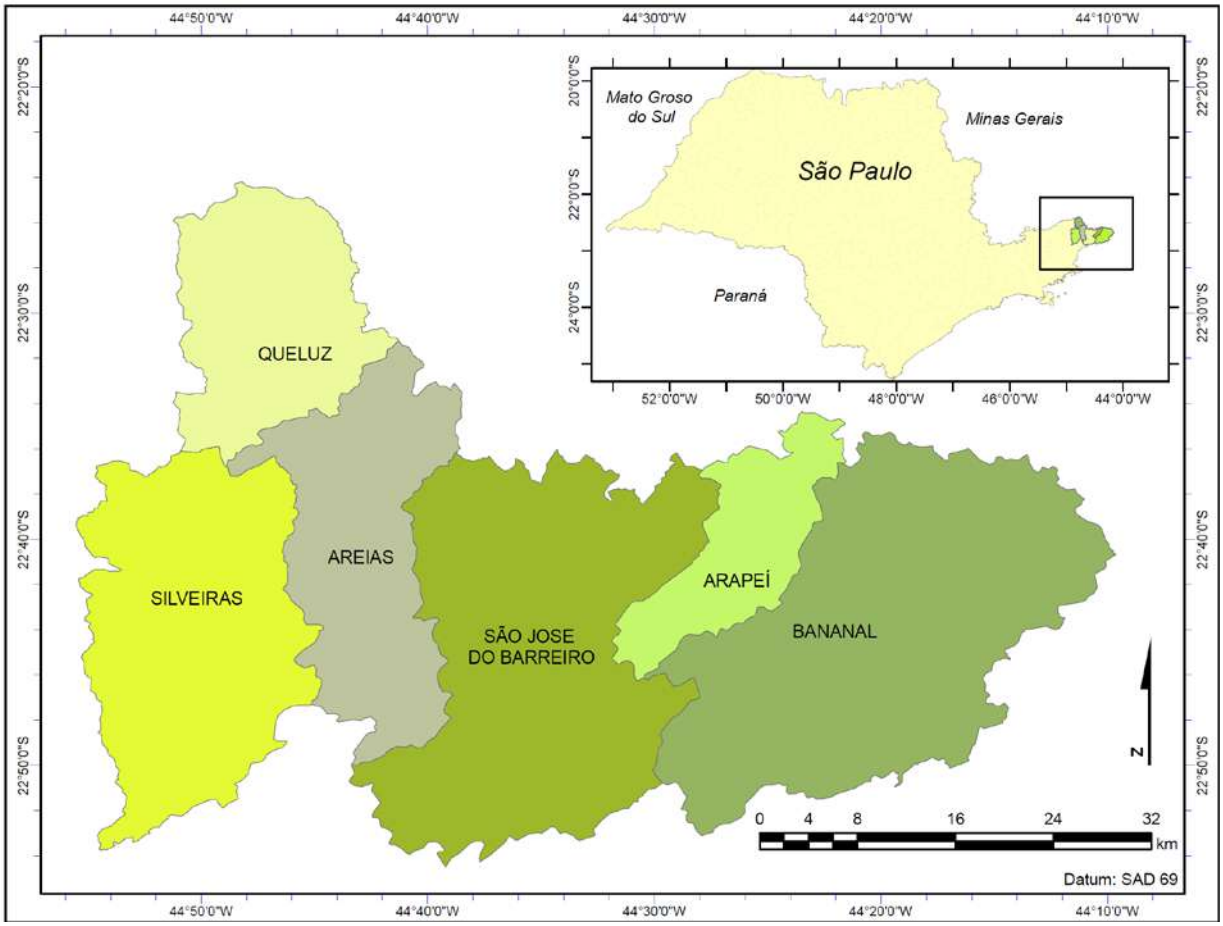


Figura 1. Localização e distribuição dos municípios do Vale Histórico Paulista no Estado de São Paulo. Fonte: GISMAP, 2013

2. PATRIMÔNIO CULTURAL DO VALE HISTÓRICO PAULISTA: PROPOSTA DE ANÁLISE DA VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Os riscos de exacerbação nos processos de degradação do patrimônio cultural associados às mudanças climáticas globais estão preconizados no documento *"Predicting and Managing the Effects of Climate Change on World Heritage"* da UNESCO (2007). Essa preocupação tem origem nos aumentos da temperatura média global projetados para o fim do século XXI, com variações positivas de 2ºC a mais que 3ºC, e nas mudanças nos padrões de precipitação e na ocorrência e intensidade dos eventos extremos antecipadas nos estudos sistematizados pelo *International Panel on Climate Change* (IPCC) com base em modelos numéricos de processos atmosféricos (Meehl et al, 2007).

Em vários países pelo mundo afora, já se despertou um claro interesse em investigar a extensão de tais impactos potenciais (Zanirato, 2009), como mostra o amplo estudo de iniciativa europeia denominado *Noah's Ark Project*, que gerou uma série de mapas com as projeções de riscos a que estará sujeito o patrimônio europeu em razão das mudanças climáticas. Vale destacar, por exemplo, os mapas que tratam dos dias com precipitação maior do que 20 mm, indicando que esses eventos tenderão a aumentar no período entre 2070 e 2099 (em relação ao passado recente) principalmente no norte da Europa e na parte central do continente (Sabbioni et al, 2007).

No Brasil, existe grande quantidade de informação sobre as mudanças climáticas, apesar de o consenso sobre a tendência de aumento nas temperaturas durante o século XXI conflitar com as incertezas com relação às previsões de precipitação (Ambrizzi et al, 2007; Marengo; Valverde, 2007; Salati et al, 2007). Por outro lado, estudos acerca dos riscos que as

mudanças no clima poderão produzir sobre os materiais e, portanto, o patrimônio cultural tangível brasileiro, ainda são muito escassos. Um exemplo emblemático nesse sentido e no que diz respeito à arquitetura em terra, é o desastre provocado pelas intensas precipitações do verão de 2010 na cidade paulista de São Luiz do Paraitinga, com o desabamento de construções históricas como a igreja matriz (noticiada por exemplo em www1.folha.uol.com.br/folha/videocasts/ult10038u673894.shtml).

É nesse contexto que um grupo de pesquisadores de diversas áreas de conhecimento da Universidade de São Paulo iniciou uma série de investigações voltadas para o inventário das edificações em estilo colonial do Vale Histórico Paulista, construídas predominantemente com técnicas de arquitetura em terra, bem como para a avaliação dos do incremento nos riscos de degradação para as próximas décadas[3]. O projeto é desenvolvido em diferentes eixos, que incluem: i) a elaboração de previsões climáticas para a região em termos de variações de temperatura, umidade e precipitações chuvosas; ii) o mapeamento do uso de técnicas de construção em terra e a caracterização dos materiais presentes nas estruturas edificadas e das possíveis matérias-primas argilosas *in natura* na região, visando elucidar sua vulnerabilidade à ação do intemperismo; iii) a avaliação da contaminação microbiológica de estruturas de terra e de madeiras e dos impactos potenciais associados à biodeterioração, também em função de fatores climáticos.

O Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo (GREC-USP) utilizou dados do Instituto Nacional de Meteorologia de 73 localidades no Brasil para fazer um estudo da variabilidade climática do período de 1961 a 2004. No âmbito do presente trabalho é interessante observar a tendência de variação climática para a cidade de Resende, com a estação mais próxima ao vale histórico. O coeficiente de regressão angular para os dados de temperatura de Resende foram os seguintes: para temperatura média anual, 0,01ºC/ano; para temperatura máxima média anual -0,02ºC/ano; para temperatura mínima média anual, 0,01ºC/ano. Para precipitação anual, o coeficiente angular foi de -4,53 mm/ano. Portanto uma leve tendência para aumentos na temperatura média anual, temperatura mínima média anual; e uma leve tendência a diminuição na temperatura máxima média anual; além disso, uma tendência a diminuição na precipitação (Salati et al, 2007). Entretanto, com relação às previsões para final do século XXI, o GREC-USP simulou anomalias de temperatura e precipitação. No sudeste, os resultados de saída do modelo global HadAM3P frente a um cenário pessimista (A2) indicam que a maior parte da região sudeste terá entre 3ºC e 6ºC de aquecimento em média nos outonos e verões. Nos invernos e primaveras, o número deve ficar entre 4ºC e 6ºC. As projeções sobre precipitação indicam aumentos de 1 mm/dia a 2 mm/dia, no verão; aumentos de 0 a 2 mm/dia no outono e na primavera, e estabilidade no inverno (Ambrizzi et. al, 2007).

No plano da contaminação microbiológica em substratos de terra de edificações do Vale, o estudo preliminar de Fazio et al (2013) com um número restrito de amostras de taipa de pilão, pau-a-pique e adobe revela que existe uma biodiversidade significativa de espécies de fungos que tende a ser mais elevada em superfícies de taipa de pilão do que nos outros dois substratos. Esta diferença da taipa de pilão possivelmente esteja associada à maior porosidade desse material com relação aos outros dois em função de uma maior abundância da fração grossa em sua composição granulométrica e, portanto, de uma mais alta capacidade de armazenamento de nutrientes e água. Há, de fato, maior riqueza de matéria orgânica em terra usada na taipa de pilão, que parece corroborar a biodiversidade de espécies micóticas, muitas das quais apresentam atividade celulolítica (importante para o aproveitamento de fibras vegetais presentes na composição da terra tratada) e capacidade de acidificação do meio, tornando a agressão por dissolução ácida da matéria inorgânica uma possível rota de biodeterioração.

A caracterização físico-química dos materiais em terra das estruturas de edificações históricas atualmente se encontra em andamento e se baseia na coleta de algumas dezenas de fragmentos de materiais de alvenaria realizada ao longo de todo o Vale e abrangendo construções urbanas e rurais feitas com as três técnicas de arquitetura em terra.

3. LEVANTAMENTO DO USO DE TÉCNICAS NO VALE HISTÓRICO

Um primeiro levantamento das diversas técnicas de construção em terra utilizadas em edificações do Vale Histórico Paulista foi realizado em Queluz, Areias, São José do Barreiro e Bananal, conforme mostrado na Tabela 1. Trata-se de uma amostra de informações que cobre tanto as fazendas como construções no meio urbano, incluindo igrejas, casarões de um ou dois pavimentos (distinção feita em função de uma possível influência na escolha da técnica) e casas vernáculas. A metodologia adotada foi a verificação direta em paredes que dessem acesso visível ao substrato em terra, eventualmente nos porões ou nos sótãos ou, quando isso não fosse possível, o registro do relato de moradores ou proprietários mediante entrevista. Nesse caso, tomou-se cuidado em não sugerir possíveis respostas e verificar que a pessoa soubesse identificar a técnica com base em sua aparência (p. exemplo, era típico que os interpelados mencionassem "tijolões" ao se referir ao adobe ou a tramados de bambu no caso do pau-a-pique). Elemento importante no testemunho dos moradores era o fato de eles terem presenciado ou executado reformas no imóvel.

Na tabela, são registradas as técnicas que foram possíveis identificar direta ou indiretamente nas edificações listadas. No entanto, o fato de uma ou outra modalidade de arquitetura em terra não constar em associação a uma construção não elimina a possibilidade de que ela não esteja presente no imóvel, apesar de ser excluída com segurança em determinadas situações (p. exemplo, taipa de pilão em casas vernáculas ou pau-a-pique em igrejas).

De um modo geral, podem ser feitas as seguintes considerações sobre esse levantamento:

i. Todas as fazendas levantadas apresentam o uso de adobe como elemento estrutural principal, o que corrobora a hipótese de sua maior adequação para esse tipo de construção, possivelmente em decorrência da necessidade de edificação em terrenos acidentados. A Fazenda Pau-d'Alho constitui uma exceção nessa listagem, no entanto as informações citadas se referem ao relato de Saia (1978), não havendo ainda uma constatação direta (que eventualmente poderá levar ao ajuste desse detalhe). O uso de pau-a-pique no meio rural está certamente confirmado para construções mais simples como senzalas e tulhas[4] (ver Fazendas da Barra, São Francisco e dos Coqueiros), ficando ainda a dúvida sobre a sua difusão como elemento de separação de ambientes interiores.

ii. No meio urbano, taipa de pilão e pau-a-pique predominam nos municípios de Queluz (entretanto com poucos remanescentes) e, sobretudo, Areias, onde a população local quase desconhece a tipologia do adobe. Já em Bananal o adobe é de longe o elemento arquitetônico predominante e a taipa de pilão ocorre somente em edificações de grande porte como os solares mais ricos do centro e a matriz (taipa de pilão é praticamente padrão em todas as edificações religiosas em todo o Vale). É interessante notar que em Bananal o adobe é bastante presente até em moradas mais simples de um pavimento, o que levou a uma carência de casas vernáculas feitas exclusivamente em pau-a-pique, como em Areias. Em São José do Barreiro, em posição geográfica mediana, encontra-se uma situação intermediária, com presença simultânea das três técnicas. Aqui o adobe é usado tanto em prédios mais requintados como em residências de pequeno porte, mas pau-a-pique também está usualmente presente.

Para uma leitura desses dados, é importante considerar não somente a localização espacial desses municípios e, portanto, a maior ou menor influência paulista (taipa de pilão) ou mineira (adobe), mas também a cronologia do desenvolvimento dessas vilas, com as edificações de Areias (por exemplo, os atuais Solar Imperial, Casa da Cultura e Prefeitura) sendo em muitos casos 30-40 anos mais antigas do que os solares e casarões de São José e Bananal que vivenciaram um crescimento social e econômico comparativamente tardio. Talvez possa ser associada a ambos esses fatores o fato de ter sido encontrada em Bananal (Solar Aguiar Vallim) e em São José do Barreiro (atual Câmara dos Vereadores) uma tipologia de pau-a-pique baseada num tramado de madeira claramente mais sofisticado do que nas construções menos pretenciosas.

Um ponto que cabe destacar é que com relação às casas vernáculas não está excluído que sua construção possa ser mais recente, diferente dos casarões mais ricos e dos solares cuja origem histórica é bem mais definida.

4. CONCLUSÃO

O patrimônio edificado do Vale Histórico Paulista, cravado numa área que ficou por décadas virtualmente esquecida com o deslocamento das rotas de passagem entre São Paulo e Rio e o depauperamento daqueles mesmos recursos naturais que outrora determinaram sua espantosa projeção no cenário político e econômico do Brasil, hoje representa sem dúvidas um tesouro que, apesar de todas as alterações sofridas ao longo do tempo e que ainda vem sofrendo, ainda constitui sua maior riqueza juntamente com o patrimônio natural dos remanescentes da Serra do Mar. Destaca-se, nesse legado, a frágil sobrevivência de testemunhos de arquitetura em terra, herança do período colonial com seus elementos originais e suas especificidades, distintas em certa medida daquelas das edificações tradicionais paulistas, mineiras e fluminenses, embora todas a serem aprofundadas e discutidas.

A ação do tempo e dos fatores ambientais, inclusive perante as possíveis exacerbações relacionadas com as mudanças nos padrões climáticos, representam uma ameaça premente, sobretudo à luz de uma vulnerabilidade determinada pela ausência substancial de eficazes políticas de proteção, pela carência em conhecimentos técnicos e pela falta de profissionais preparados para lidar com arquitetura em terra. Nesse contexto, esse trabalho apresentou os objetivos e os resultados preliminares de um projeto multidisciplinar de pesquisa que pretende sistematizar e gerar novos conhecimentos científicos de maneira a mensurar os riscos de degradação dos materiais estruturais das edificações históricas do Vale e fornecer instrumentos para estratégias de conservação preventiva. Fica bastante clara a importância de se mapear com precisão as tipologias de edificação em terra e caracterizar a fundo os materiais das construções remanescentes, suas matérias-primas e seus possíveis processos de manipulação, visando assim a destacar suas respostas a fatores externos de agressão como temperatura, umidade e chuvas, mas também agentes (micro)biológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambrizzi, T.; Rocha, R.P.; Marengo, J.A.; Pisnitchenco, I.; Nunes, l.A.; Fernandez, J.P.R. (2007). Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais. São Paulo. Em: *Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade - Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasilia: MMA, disponível em: *www.grec.iag.usp.br/outros/ambrizzi/sumario_tecnico.pdf*

Andrade, A.L.D. (1984). *Vale do Paraíba, sistemas construtivos*. São Paulo: FAU-USP.

Benincasa, V. (2007). *Fazendas paulistas: arquitetura rural no ciclo cafeeiro (Vol 1)*. São Carlos: EESC-USP.

Fazio A.T.; Faria, D.L.A.; Cavicchioli, A.; Perroni, M.S.; Penna, D.S.A.; Chambergo, F.S. (2013). Preliminary study of biodeterioration in historic buildings of the Vale Histórico Paulista: fungi identification in earth walls. Em: *Proceedings of the 8th Latin American biodeterioration and biodegradation symposium*. Porto Alegre.

Franco, M.S.C. (1997). Tropeirismo e vendeiros : abertura do sistema social. Em : *Homens livres na ordem escravovrata*. São Paulo : Fundação Editora UNESP, pp 65-84.

Garcia, A.C. (2002). La construcción com tierra en la cultura andina. Em: *Anais do I Seminário Ibero-Americano de construção com terra – SIACOT*. Salvador: PROTERRA, pp. 16-21, disponível em: *www.habitat.arq.una.py/ambitos/tyh/cct/crh_cct_0071.pdf.*

Gismap. Divisão política (2002). Disponível em: *gismaps.com.br/divpol/divpol.htm*.

Houben, H.; Guillaud, H. (1989). Construire en terre. Em: *Traite de construction en terre*. Marseille: Parentheses, pp.13-25.

Kanan, M.I.C. (2009). The Mediterranean Portuguese influence in the Brazilian earth-building tradition: a valuable heritage to research. Em: *1st Mediterranean conference on earth architecture*. Cagliari: Mediterra, pp. 1-12.

Lemos, C.A.C. (1999). *Casa paulista: história das moradias anteriores ao ecletismo trazido pelo café*. São Paulo: Edusp.

Lopes, W.G.R. (2002). A taipa de mão no Brasil. Em: *Anais do I Seminário Ibero-Americano de construção com terra – SIACOT*. Salvador: PROTERRA, pp. 16-21, disponível em: *www.habitat.arq.una.py/ambitos/tyh/cct/crh_cct_0075.pdf.*

Marengo, J.A.; Valverde, M.C. (2007). Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência*, 8, pp. 5-28.

Meehl, G.A.; Stocker, T.F.; Collins, W.D.; Friedlingstein, P.; Gaye, A.T.; Gregory, J.M.; Kitoh, A.; Knutti, R.; Murphy, J.M.; Noda, A.; Raper, S.C.B.; Watterson, I.G.; Weaver, A.J., Zhao, Z.-C. (2007). Global climate projections. Em: *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* [Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (editores.)]. Cambridge e New York: Cambridge University Press.

Milanez, A. (1958). *Casa de terra - as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo*. Rio de Janeiro: SESP.

Prado Júnior, C. (1983). *História econômica do Brasil*. São Paulo: Brasiliense.

Reis Filho, N.G. (1978). *Quadro da arquitetura no Brasil*. São Paulo: Perspectiva.

Sabbioni, C.; Brimblecombe, P.; Cassar, M. (2010). *The atlas of climate change. Impacto on European Cultural Heritage*. London e New York: Anthem Press.

Saia, L. (1978). *Morada paulista*. São Paulo: Perspectiva, 1995.

Salati, E., Salati, E, Campanhol, T., Villa Nova, N. (2007). Tendências das variações climáticas para o Brasil no século XX e balanços hídricos para cenários climáticos para o século XXI. Relatório 4, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF, Diretoria de Conservação Da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/prod_probio/Relatorio_4.pdf>

Santos, M.R.B.; Rodrigues Filho, R. (2002). Arquictetura de tierra em Brasil. Tradición y modernidad. Em: *La tierra cruda em la construcción del hábitat, 1er Seminario Exposición Consorcio tierra Cono Sur*. San Miguel De Tucumán, 1, pp. 143-154, disponível em: www.habitat.arq.una.py/ambitos/tyh/cct/crh_cct_0008.pdf

Schmidt, C.B. (1946). *Construções de taipa: alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica*. São Paulo: Secretaria da Agricultura.

Taveira, E.S.N. (2002). *Tradição, culturas construtivas e modernidade nas arquiteturas de terra*. Campinas: UNICAMP.

Telles, A.C.S. (2006). *O vale do Paraíba e a arquitetura do café*. Rio de Janeiro: Capivara.

The World Heritage Centre (2007). Predicting and managing the impacts of climate change on World Heritage. Em: *Climate Change and World Heritage*. World Heritage reports 22: Report on predicting and managing the impacts of climate change on World Heritage and

Strategy to assist States Parties to implement appropriate management responses. Publication based on Document WHC-06/30.COM/7.1 presented to the World Heritage Committee at its 30th session, Vilnius, Lithuania, 8-16 July 2006. Paris: UNESCO, pp. 19-38. Disponível em: <http://whc.unesco.org/documents/publi_wh_papers_22_en.pdf>

Zanirato, S.H. (2009). A conservação do patrimônio natural e cultural diante das mudanças climáticas. *Conservar Património*, 10, pp. 69-77.

Notas

[1] Tropeirismo consiste na atividade dos tropeiros os quais, segundo Franco (1997), eram homens livres que comerciavam mulas ou transportavam mercadorias com destaque o café.

[2] A freguesia de Arapeí (1891), na época conhecida como Alambari, seria extinta para então se tornar município somente em 1991.

[3] *Patrimônio cultural do Vale Histórico Paulista: análise da vulnerabilidade às mudanças climáticas*, financiado no âmbito de chamada conjunta FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT), projetos FAPESP N. 2011/51016-9 e 2012/50038-1. Tem a participação dos Profs. Silvia H. Zanirato (coordenadora, EACH-USP), Andrea Cavicchioli (EACH-USP), Felipe A.S. Chambergo (EACH-USP), Dalva L.A. Faria (IQ-USP), Rita Y. Ynoue (IAG-USP) e Adalgiza Fornaro (IAG-USP), além de alunos de graduação e pós-graduação da EACH e da Dra. Alejandra T. Fazio (IQ-USP) no âmbito do projeto de pós-doutorado FAPESP N. 11/13760-8. A pesquisa vem recebendo as contribuições de vários atores locais que forneceram úteis informações para esse trabalho, entre os quais os Srs. Joseane Fontaine e Lauro Maia Cavalcante da fazenda Catadupa e os Srs. Eliana e Walton da fazenda São Francisco, em São José do Barreiro; a Sra. Priscila Madeira Costa da Casa da Cultura e o Sr. José Haroldo da Prefeitura, em Areias; a Sra. Beth Brum da fazenda dos Coqueiros, os Srs. Lenita e Pedro Teixeira da fazenda Loanda, o Pe. Cícero da paróquia Bom Jesus do Livramento e a Sra. Maria Aparecida Graças, em Bananal.

[4] Tulha segundo Benincasa (2007) eram os locais que se estocavam o café após a secagem.

Currículos

Andrea Cavicchioli, doutor em química pela Universidade de São Paulo e especialista em química analítica, é docente e pesquisador da mesma instituição. Sua principal linha de pesquisa é o estudo de estratégias de diagnóstico e conservação do patrimônio cultural e natural.

Maria Salete Perroni, bacharel em engenharia química pelas Faculdades Oswaldo Cruz, é atualmente mestranda no curso de Mudança Social e Participação Política da Universidade de São Paulo e desenvolve um projeto focado na caracterização físico-química de argilas usadas em construções em terra em edificações do Vale Histórico Paulista.

Danilo Pereira Sato, graduando em gestão ambiental pela Universidade de São Paulo e participa do Grupo de Pesquisa Memória, Patrimônio Cultural e Natural e Desenvolvimento Local.

Felipe Neves Souza Andrade, bacharel em gestão ambiental pela Universidade de São Paulo. É atualmente mestrando no curso de Mudança Social e Participação Política da mesma universidade e desenvolve um projeto focado no estudo sobre o impacto potencial das mudanças climáticas na biodeterioração de estruturas de madeira no patrimônio cultural edificado do Vale Histórico Paulista.

Tabela 1 Relação de técnicas de construção em terra identificadas em edificações históricas dos municípios de Queluz, Areias, São José do Barreiro e Bananal no Vale Histórico Paulista (São Paulo, Brasil).

*Técnica constatado em parte da edificação, **Técnica declarada por fonte confiável (morador ou proprietário que alega ter constatado), ***Técnica inferida com bases comparativas em edificações próximas e de fatura semelhante. Notas: [1]Segundo declarado pela proprietária e verificado num muro externo de terreno da mesma propriedade; [2]Segundo declarado, primeiro pavimento em pedra, mas mais provavelmente taipa de pilão; [3]Em edificações anexas à sede; [4]Com uso de tramado refinado; [5]De acordo com Saia (1978)

MUNICÍPIO	TIPO	PAREDES EM TAIPA DE PILÃO	PAREDES EM ADOBE	PAREDES EM PAU-A-PIQUE
Queluz	Arquitetura 1 pavimento			*Casas vernáculas na rua Prudente de Morais
				*Casas vernáculas na praça Francisco C. Lima 30
	Religiosa	*Matriz		
Areias	Arquitetura 1 pavimento	*Casarão na rua XV Novembro (prox. N. 244)		
				*Casarão na rua XV Novembro 244
				***Casarão na rua XV Novembro 104
				**Casas vernáculas na travessa Matriz 44, 50 e 58
				***Escola Barão da Bocaina na rua Com. Sampaio
				*EMEI (antiga S. Casa) na rua Manoel J. Abreu 8
				***Casas vernáculas av. Siqueira Campos 360
	Arquitetura 2 pavimentos	*Solar Imperial (antigo Solar do Capitão Mor) na rua Com. Sampaio 15		*Solar Imperial (antigo Solar do Capitão Mor) na rua Com. Sampaio 15
		**Prefeitura (antigo solar do major Manoel da Silva Leite) na praça Nove de Julho 202		**Prefeitura (antigo solar do major Manoel da Silva Leite) na praça Nove de Julho 202
		*Casa da cultura (antiga câmara dos vereadores)		
				***Sobrado na rua XV Novembro 31
				***Sobrado Rua XV Novembro 89
				*Sobrado Rua XV Novembro 97
				***Sobrado Rua XV Novembro 328
	Religiosa	***Matriz		
		***Capela da Boa Morte		
	Fazendas		*Fazenda Vargem Grande	

(cont.)

MUNICÍPIO	TIPO	PAREDES EM TAIPA DE PILÃO	PAREDES EM ADOBE	PAREDES EM PAU-A-PIQUE
S. José do Barreiro	Arquitetura 1 pavimento			*Casa vernácula na rua Com. Luiz Ferreira (prox. N. 17)
				**Casarão na rua Capitão Antonio Gomes 1
				*Atual restaurante Rancho
				**Casarão praça Cunha Lara 7
			*[1]Casarão na praça Pref. José de Marins Freire 4	**Casarão praça Pref. José de Marins Freire 4
				***Casarão praça Pref. José de Marins Freire 2
			*Casa na rua Olímpio A. de Magalhães esq. rua O. Lara	
			*Muro na rua Siqueira Reis	
		***Cine Teatro na praça Pref. José de Marins Freire		
	Arquitetura 2 pavimentos	*Casarão rua Siqueira Reis 71	**Casarão rua Siqueira Reis 71	**Casarão rua Siqueira Reis 71
			**Casarão praça Cunha Lara s/n (prox. farmácia)	
				**Casarão rua Dr. Olímpio A de Magalhães esq. rua Ten. Magalhães
		***[2]Atual Câmera Municipal	*Atual Câmera Municipal	*Atual Câmera Municipal
	Religiosa	*Matriz		
	Fazendas			[5]Fazenda Pau d'Alho
			*Fazenda Catadupa	
			*Fazenda da Barra	*[3]Fazenda da Barra
			*Ruinas da Fazenda República	
			*Fazenda S. Miguel	
			**[3]Fazenda S. Francisco	**[3]Fazenda S. Francisco

(cont.)

MUNICÍPIO	TIPO	PAREDES EM TAIPA DE PILÃO	PAREDES EM ADOBE	PAREDES EM PAU-A-PIQUE
Bananal	Arquitetura 1 pavimento			*Casas vernáculas na rua W. Luiz 40
			*Casas vernáculas na praça da Boa Morte 146	
			*Pharmácia Popular e casa anexa na rua Manoel de Aguiar 156	
			*Casas vernáculas na rua Manoel de Aguiar 373	
			*Muro rua Olegário Ramos s/n	
			**Casarão na rua Olegário Ramos 61	
			*Muro externo do terreno do Hotel Brasil	
			*Casa na rua Bom Jesus	
			**Casarão rua Ministro Oscar de Almeida	
	Arquitetura 2 pavimentos	*Solar Aguiar Valim na praça Rubião Jr.	*Solar Aguiar Valim na praça Rubião Jr.	*[4] Solar Aguiar Valim na praça Rubião Jr.
		***Hotel Brasil na praça Pedro Ramos	*Hotel Brasil na praça Pedro Ramos	
		**Sobrado na praça Pedro Ramos 23	***Sobrado na praça Pedro Ramos 23	
			*Sobrado na praça Pedro Ramos 15	
				**Sobrado na praça Rubião Júnior 189
	Religiosa	*Matriz		
	Fazendas		*Fazenda Rialto (agora ruída)	
			*Fazenda Boa Vista	
			**Fazenda dos Coqueiros	**Fazenda dos Coqueiros
				**Fazenda Loanda

LOS TRES CASTILLOS DE MONZÓN DE CAMPOS: DESCUBRIMIENTO Y RESTAURACIÓN DE LA TORRE-FORTALEZA

Pilar Diez Rodríguez

Palencia, España. pilar10rodriguez@hotmail.com

Palabras claves: arquitectura defensiva, patrimonio en tierra, tipologías constructivas de defensa

Resumen

La rehabilitación de un edificio para adecuarlo a vivienda y estudio taller de pintura del artista plástico Miguel Macho, se convierte en un trabajo de investigación simultáneo a la obra, que nos lleva al descubrimiento de lo que en realidad es una torre defensiva que formaba parte de un complejo mayor y que ha pasado inadvertido desde el s.X llegando prácticamente intacta hasta nuestros días.

El cuerpo bajo es de sillar con muros de hasta un metro de espesor y que llegan a alcanzar una altura de hasta cinco metros; el cuerpo superior de tapial y los muretes de cierre posterior de sillarejo con morteros y rellenos de tierra. El tapial ha perdido su revoco y se encuentra muy erosionado en la cara norte. Aparecen ocultos varios arcos góticos de hasta 3 m de altura, que delatan las funciones del edificio.

El trabajo de restauración que se realiza tiene como objetivo poner en valor el edificio original, desmontar los añadidos que carecen de interés y conseguir compatibilizar los elementos históricos con los nuevos usos.

El proyecto se entiende como un proceso de respuestas a las necesidades que el edificio impone, por un lado en cuanto a la restauración, se trata de resolver las necesidades de los propios materiales con las técnicas más sencillas y compatibles propias de los oficios tradicionales, y por otro lado cómo conjugarlo con la propuesta de una nueva cubierta innovadora, que sea una apuesta arriesgada para estar a la altura de la calidad de lo que se ha descubierto.

El presente artículo dará a conocer este patrimonio defensivo, a partir de la restauración realizada en los distintos elementos que lo configuran, situándolo además como el eslabón perdido de la historia del lugar en el que se sitúa, en un periodo de guerras, tras el derrumbe del Castillo de tierra cruda árabe y la construcción del Castillo de Monzón de Campos.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

La historia e imagen de Monzón de Campos siempre ha estado vincula a la presencia de su Castillo situado sobre un cerro. También en el municipio existió otro castillo anterior y más antiguo, “Los Castrillones”, que era de tierra y que como estaba al lado del río acabó desapareciendo con sus crecidas. Pero a pesar de la gran importancia que tuvo el municipio en la época Medieval, en la que fue cabeza del Condado de Monzón, existen muchas lagunas en su historia. El patrimonio edificado es la huella de aquel momento y de una forma de vida pero los vestigios de aquella época han ido desapareciendo bajo las sucesivas capas de la historia, muchas veces consecuencia de un desarrollismo mal entendido o del desconocimiento sobre el lugar en que se está actuando.

La Restauración de una casona en el Centro del municipio, adquirida por el artista plástico Miguel Macho, quien deseaba ubicar en ella su vivienda y estudio-taller de pintura, una Bottega de Artista, ha reabierto un periodo de la historia del municipio que estaba confuso. El documento construido que constituye el edificio reescribe la historia del lugar y aumenta el rico patrimonio del municipio con la que resulta ser la tercera fortaleza defensiva, un torreón, de un castillo o recinto fortificado mayor, que ha llegado intacto hasta la actualidad.

1.2 Reseña histórica

El origen de Monzón de Campos se remonta al siglo IX, entre el 883, consolidación de Castrojeriz, y el 899, fundación de Dueñas, dentro del gran movimiento repoblador de la submeseta norte. La cuenca del Carrión es un claro ejemplo de este desarrollo desde las montañas cantábricas hasta el río Duero, con un modelo que se repite: asentamiento de la población en un cerro cercano a la cuenca fluvial, protegido con un castillo y con las casas desparramadas en su cima y en sus laderas (Martínez Díez, 1987, p.246).

En 904 aparece la primera referencia concreta de la existencia de Monzón y de su castillo, ya que habla del alfoz y del castro de Monzón, y dice así: …*de quantum abeo in suburbio de kastro quod dicitur Monteson…* (Villa Calvo, 2002, p.12-13). En la España altomedieval los castillos son fundamentalmente obras de fortificación, lo que quiere decir que su emplazamiento, su construcción y su servicio normal están determinados por su función defensiva.

El Condado de Monzón, alcanzó durante este periodo una importancia política y militar de indudable relevancia bajo el dominio de la familia Ansúrez. Fernando Ansúrez es el primer miembro de dicho linaje del que se tiene noticias, y detenta el Condado de Castilla del 920 al 929, aunque también pudo ostentar el título de Conde de Monzón.

Le sucede su hijo Asur Fernández, personaje que aparece en la documentación desde el 936, aunque hay que esperar al 943 para conocer la primera referencia sobre la existencia del Condado de Monzón y de Asur Fernández como su dueño. Sus dominios se extienden desde la Ojeda hasta Sacramenia, y llegó, como su padre, a ostentar la dignidad de Conde de Castilla. Del 947 consta la última cita sobre su existencia. Continúan el linaje su hijo Fernando Ansúrez (Conde de Monzón entre el 950-976) que fue uno de los personajes con mayor poder del reino (casa a su hermana Teresa con el Rey de León) y a partir de aquí y hasta el año 985 es una época oscura, bajo el rey de León y que coincide con los ataques de Almarzor a tierras del sur del Condado (Martínez Díez, 1987, p.250-255).

La historia condal prosigue con la sucesión del Conde de Castilla Garcí Fernández, Sancho Garcés (995-1017) Conde de Castilla y Monzón, García Sánchez (1017-1029) y el principio del fin del poder condal a partir del año 1629 con Muniadona, esposa de Sancho III, el Mayor, de Navarra. Este tiempo concluye cuando Fernando Sánchez (hijo de Muniadona) Conde de Castilla y Monzón, ocupa el trono leonés en 1038 con el título de Fernando I, no deja de ostentar la dignidad condal, pero inicia una política de supresión de los condados.

1.3 Ubicación. Estructura urbana

Monzón de Campos se sitúa a 13 km de Palencia. La estructura urbana se desarrolla entre dos cerros y a la orilla del río Carrión. En estos cerros, se conocía la existencia de sendos castillos.

El primero y más antiguo está situado en el cerro de “Los Castrillones”, en donde en la actualidad sólo hay restos de un muro de grandes dimensiones. Situado al borde del río y con muy buena visibilidad, esta zona que se podría denominar como Barrio Bajo, ha sufrido un gran deterioro por las crecidas del río que socavaron la tierra arcillosa del asentamiento y produjeron su derrumbe y abandono, alrededor del siglo XII. (Villa Calvo, 2002, p.48-49)

En esta zona han aparecido numerosos restos arqueológicos, como son entre otros, un aguamanil de bronce con forma de León del periodo califal, que se encuentra en el Louvre, un mortero de bronce que se encuentra en el Museo Balaguer en Vilanova i La Geltrú y una lápida sepulcral con inscripciones del s. XI en el Museo Sefardí de Toledo. Se confirma la existencia de un barrio o asentamiento por los numerosos restos que existen, seguramente amurallado, no se ha realizado una excavación arqueológica, pero si se ha localizado una necrópolis.

El Barrio Alto, o Barrio del Castillo, es el que conserva el conocido Castillo de Monzón. Según la descripción que realiza Pascual Madoz (1848) “Monzón de Campos... situada en una superficie llana dominada por el norte y este de dos colinas, sobre las que se hallan las

fortalezas el castillo y el Castellón". Separa los dos castillos una distancia de unos 1.250 m (Madoz, 1846-1850, p.573, Vol. XII).

El Castillo de Monzón está formado por una Torre más antigua y un recinto amurallado posterior. Existen distintas opiniones sobre la cronología de la construcción de la torre, que la sitúan en los siglos X, XI, XII, XIII y XV, pero lo que si que es claro es que su factura de sillares bien labrados no encaja mucho con el tipo de construcciones del empobrecido siglo X y si en cambio con los paramentos románicos del siglo XII por su uniformidad, tamaño y buena calidad. El recinto almenado es posterior, del siglo XIV.

Figura 1. Vista del Castillo de Monzón (Barrio Alto) desde el Barrio del Salvador

A pesar de que el Castillo ha estado completamente en funcionamiento en el siglo XX como parador de Turismo, no se ha realizado una excavación arqueológica del entorno que ofrezca dados sobre el asentamiento que debió existir.
Pero la estructura urbana de Monzón presenta indicios de ser aun más compleja, con un tercer asentamiento, situado en el centro de la trama urbana y próximo a la Iglesia del Salvador (siglo XIII) el Barrio Intermedio o Barrio de El Salvador. Es en este lugar donde se ubica la Torre-Fortaleza objeto de estudio, una construcción defensiva que había pasado desapercibida hasta ahora, dejando un vacío en la historia del lugar. El descubrimiento da respuesta al periodo de abandono de la población del Barrio de los Castrillones que se situaría a continuación en el Barrio Intermedio, existente ya antes de la construcción de la Torre del actual Castillo de Monzón.

Figura 2. Vista del Barrio del Salvador y de Los Castrillones desde el Castillo de Monzón

1.4 El estilo de la época

El estilo artístico que se desarrollaba en el siglo IX-X es el mozárabe o de repoblación, pero los restos que se habían hallado hasta ahora se circunscriben sólo a edificios religiosos y a objetos preciosos, sin olvidar los códices miniados, manifestaciones que proporcionan escasa información sobre la cultura material del pueblo llano o incluso del mundo condal.

En cuanto a los castillos, hay autores que afirman que las fortificaciones de repoblación, sobre todo en las zonas llanas de la cuenca del Duero, se pudieron levantar de adobe y tapial en un primer momento, para ser reedificados en sillares o sillarejos de piedra en un segundo momento, cuando las condiciones económicas lo permitieran.

Según relata González (1982, p.47)

> …*Siendo del rey los castillos palentinos de esta época* (altomedieval), *es lógico que de él o de su delegado dependiesen su emplazamiento, construcción y servicio. La edificación, aunque fuese frecuentemente el mampuesto y aun la sillería, no siempre podría tener buenos materiales. En todo caso por su estructura simple no necesitaba grandes maestros; carecían de barbacanas y de otros refuerzos*…

2. ANÁLISIS DEL EDIFICIO. PREEXISTENCIAS

El edificio original se ocultaba bajo la apariencia de una vivienda de tres plantas, con una gran cuadra y almacén, en pleno centro del municipio. En un primer análisis se reconocen tres épocas de factura del edificio, que se plasman en el uso de diferentes aparejos y técnicas y la ausencia de trabazón entre muros.

Figura 3. Vista del estado inicial de la vivienda a restaurar.

2.1 Torre

La Torre es el recinto original más antiguo, y que ha llegado hasta hoy prácticamente intacto porque se utilizaba como cuadra. En su interior, aprovechando su gran altura, se habían construido las dependencias del establo, pajar y el baño de la vivienda, por encima de ellas emergía el pilar central de piedra que sustenta la estructura de madera de la planta superior.

Este cuerpo es muy regular, con muros de 1 m de espesor de sillarejo, se aprecian las marcas de ventanas saeteras en sus cuatro caras que están cegadas, una ventana de arco de medio punto (otra similar que aparece oculta enfrente de ella) y una puerta de entrada y un bocarón de pajar que son claramente posteriores. Esta cuadra se comunicaba con la vivienda con una portezuela pequeña, ocultando en el muro la presencia de un arco de tres metros de altura. Éste fue la única entrada del recinto y desde él arranca el suelo original, empedrado, en desnivel hasta alcanzar 5 m libres de altura.

2.2 Vivienda existente

En un segundo cuerpo adosado a la Torre original se había instalado la vivienda. En la calle lateral y en la esquina el muro está ejecutado con sillares de mejor factura, pero la entrada principal es más confusa, alternando zonas de tapial revocado al exterior y huecos muy pequeños, una grieta delataba la presencia de un arco. La cocina se situaba en otro cuerpo añadido en el que se señala la existencia de otro arco.

El interior es lúgubre, muy húmedo y con estancias de muy poca altura. Por una escalera se accede a las plantas superiores. En la primera planta una grieta parece marcar la traza del arco que se aprecia desde la cuadra, cortado aquí por el forjado.

2.3 Almacén

El tercer cuerpo en altura unifica todo el edificio bajo una sola cubierta. Se usaba como almacén y era completamente diáfano. Se levanta sobre los muros de piedra, es de tapial entre machones de piedra que atraviesan todo el espesor del muro. El tapial había perdido su revoco y se encontraba muy erosionado, sobre todo en la cara norte hacia el patio. La cubierta de estructura de madera se encontraba en muy mal estado de conservación.

3. PREMISAS CONCEPTUALES DE LA INTERVENCIÓN

La premisa principal del proyecto es conservar y sacar a la luz la estructura original del edificio: la torre, desmontar los añadidos y conseguir que este rescate sea compatible con los nuevos usos. No se trata de devolverlo a un “estado teórico original” sino de eliminar los elementos distorsionantes que permitan una lectura clara del edificio y sus episodios de añadidos, como un documento construido.

El criterio general en la restauración llevada a cabo fue mostrar de la forma más respetuosa las diferentes técnicas constructivas existentes incluso en el mismo paramento, poner de manifiesto su morfología dando como resultado el collage de la historia del edificio. De hecho mantener la “estética de la ruina” y su poder evocador favorece al edificio.

La propia lectura del edificio y sus paramentos indican cuales son las intervenciones necesarias en cada caso.

Otro criterio que se utiliza a lo largo de la intervención es la reutilización de elementos constructivos y materiales. Todo el material procedente del desmontaje se intenta reutilizar, como también elementos procedentes de otros lugares, que se reciclan. La rehabilitación se basa en uno de los primeros parámetros de la sostenibilidad que es la prolongación de la vida útil de una construcción (consumo ya realizado), reutilización y reciclaje de lo construido, reutilización y reciclaje de la arquitectura.

El proyecto utiliza en general estrategias como la reducción del consumo, la reparación en lugar de la sustitución y el reciclaje. Construcción como unión de soluciones tradicionales y sencillas con avances tecnológicos.

4. DESMONTAJE, DESCUBRIMIENTOS Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN

La intervención más drástica que se lleva a cabo es el vaciado completo de la antigua vivienda. Esta vivienda carecía de condiciones habitables, su desmontaje permite crear un patio que resuelve los accesos, se restauran los muros de sillar y sillarejo y se liberan los arcos ocultos en el muro permitiendo que se vean en toda su envergadura.

Con esta intervención se consigue una lectura clara del edificio original y del proceso de añadidos que ha sufrido.

Aparece un arco gótico de 3 m de altura que da acceso al recinto prácticamente rectangular de la fortaleza. El arco está intacto y tiene una marca de cantero que coincide con las que aparecen en los sillares de los arranques de la parte más baja. Estas marcas de cantería

coinciden con la Abadía de Husillos, muy cercana, con lo que podemos datar la construcción de la torre en el siglo X periodo en el que se produce el asentamiento de población en esta zona cercana a la Iglesia.

Posteriormente a la torre se le adosa un muro, que como el pilar del interior son del siglo XIV. Este pilar soporta la estructura de madera del forjado de la primera planta que también es la original y cercana a la base se encontró el arranque de una columna que pudo haber sido el soporte original.

Desde la entrada el suelo original va en desnivel, seguramente esto se debe a que la planta baja fue el refugio de los caballos, y la altura final, eliminados los escombros, llega en esta zona hasta 5 m libres.

En las cuatro fachadas del recinto se abren ventanas saeteras y aparecen otras menores con arco de medio punto la última en descubrirse provista de un orificio defensivo. Toda la construcción es de piedra de sillería de mayor o menor entidad, con los morteros de rejuntado de tierra y de relleno, aunque el cuerpo superior es de tapial, puede leerse como proviene de una factura posterior de integración de los dos cuerpos bajos.

En la planta primera, oculta embebida en el muro de tapial, se descubre una puerta con un dintel mudéjar, de madera labrado con una decoración geométrica y restos de policromía en tonos rojos y blancos.

La nueva distribución de usos que se proyectan para el edificio sitúan la vivienda en la planta superior, a modo de loft, en el espacio diáfano que se dedicaba a almacén. Se plantea acceder a ella a través de una escalera que se sitúa en el patio lateral para que no interfiera con las estructuras históricas y en la planta baja se instalará el estudio-bottega del artista que respetará la estructura antigua sin alterar su configuración. El patio delantero, donde antes se ubicaba la vivienda, será el acceso principal independiente para ambos espacios.

Figura 4. Vista de la composición del muro.

5. DESARROLLO DE LA REHABILITACIÓN: CRITERIOS DE INTERVENCIÓN / ACCIONES

5.1 Restauración de muros

En la restauración de los muros se intenta mantener la riqueza material de los mismos: se consolidan las fábricas de mampostería, sillares y tapiales, se cosen las fisuras, se picotean las juntas y se rejunta utilizando morteros de cal. Las zonas con morteros antiguos de tierra se respetan lo máximo posible consolidando las zonas exteriores.

5.2 Planta baja

En la planta baja una vez desmontada la vivienda apareció en fachada un arco de tres metros de altura, le faltaba la clave y algunas dovelas, que se reponen para restaurarlo (se habían cortado para abrir una ventana en la planta primera).

En la fachada exterior delantera y lateral derecho los muros son de sillar al exterior y al interior de tapial, esta diferencia de material produce fisuras y grietas entre las dos hojas. El agua de lluvia que fue entrando a lo largo del tiempo aumentó el problema, lo que en su día debió de ser la causa de que una zona de la fachada se derrumbara y reconstruyera con tapial. Las grietas del tapial, se retacan y se traban reponiendo los morteros de protección y acabado. Se utiliza mortero de cal y las esquinas se cosen con varillas de acero inoxidable de hasta 1 m de longitud.

En el interior de la torre se sanea el suelo, y se limpian los muros, pero sobre todo en la que corresponde con la cara norte que había perdido parte del mortero del rejuntado.

Figura 5. Vista general del exterior del edificio restaurado.

5.3 Estructura de madera

Se conserva la estructura de madera de la planta, realizando un tratamiento antixilófago superficial y con inyecciones. Para la realización del forjado se reutiliza la estructura existente, realizando un sándwich in situ con doble panel de madera con costillas interiores para nivelar y formar una cámara de aire y aislamiento de lana en su interior. El solado es de tarima sobre rastreles.

5.4 Cubierta

La solución de la cubierta es un ejercicio de innovación y experimentación, buscando por un lado reducir los costes lo máximo posible y por otro un efecto plástico necesario para

solucionar la estética del edificio. Se proyecta una cubierta curva que cubra de una forma asimétrica el interior de la vivienda que se sitúa en la planta de arriba y el patio cubierto donde se sitúa la escalera de acceso.

Está realizada con panel de madera contralaminado de 13 m de longitud curvados in situ. Todo el montaje se ejecuta en sólo dos días con tres personas. Las prestaciones térmicas de la cubierta se mejoran añadiendo aislamiento térmico (lana de roca) y una lámina impermeable difusora del calor.

Por último el material de cobertura es acero corten que se adapta a la curvatura y se pliega para resolver los remates laterales y el canalón.

5.5 Planta primera

En el interior de la planta primera se reutilizan y reciclan materiales de la propia casa, las puertas y solados.

Se descubren los antiguos yesos sobre el tapial y se consolidan, conservando los pictogramas y escritos de las paredes (en uno de ellos aparece una @ del año 1872). Para ello se limpian a esponja y se les aplica un consolidante. En la actualidad se está transcribiendo el contenido.

Se recuperan los huecos originales de las ventanas en el tapial y se realiza un tratamiento exterior, con la apertura de las ventanas del cuerpo superior y el revoco con mortero de cal y restauración del tapial. El dintel mudéjar se limpia y se le aplica un tratamiento protector y antixilófago.

Figura 6. Escritos sobre los revocos interiores

6. CONCLUSIONES

El cuerpo de la torre original responde a las tipologías constructivas del siglo X, tanto en la pobreza de los materiales (muros de tapial y sillarejo) como en la simplicidad del trazado. Las marcas de cantería se corresponden con las del Monasterio cercano fechado en ese siglo y también el dintel mudéjar nos sitúa en el estilo artístico de ese momento.

En cuanto a la función del edificio, las ventanas saeteras en sus cuatro caras nos indican su carácter defensivo y que en un primer momento estuvo exento. También la envergadura del arco de entrada y el desnivel del piso delatan su uso por jinetes y caballería.

Por otro lado las notas históricas y las dudas que plantean al fechar las construcciones de los castillos hasta ahora conocidos, hace que todo apunte a que el edificio que se está restaurando sea el castillo del Barrio del Salvador, construido en el siglo X, con funciones defensivas, la torre-fortaleza de los Condes de Monzón, en una primera época exenta y a la que posteriormente se le añaden construcciones pasando a formar parte de un conjunto mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Villa Calvo, N. (2002). *Mendunia. Historia documentada del Condado de Monzón.* Palencia: ed Diputación de Palencia.

González, J. (1982). *Cuestiones de repoblación en tierras palentinas*, en Palencia en la Historia. Palencia: p. 46-66, ed La Casa de Palencia en Madrid.

Madoz, P. (1846-1850). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Madrid: ed Establecimiento tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti (Copia digital realizada por la Biblioteca de Andalucía)

Martínez Díez, G. (1987). *Los Condados de Carrión y Monzón: sus fronteras*, en Actas del I Congreso de Historia de Palencia, Tomo II: Fuentes Documentales y Edad Media. Palencia: p. 245–274, ed Diputación Provincia de Palencia.

Currículo

Pilar Diez Rodríguez, arquitecto-urbanista, Máster en Restauración del Patrimonio, doctorando en “Modernidad y contemporaneidad en la Arquitectura” del área de Proyectos arquitectónicos de la Universidad de Valladolid. Directora de la Unidad de Promoción y Desarrollo de la Diputación de Palencia en cuatro ediciones. Presidenta de la Delegación de Palencia del Colegio de Arquitectos de León.

LOS TRES CASTILLOS DE MONZÓN DE CAMPOS: DESCUBRIMIENTO Y RESTAURACIÓN DE LA TORRE-FORTALEZA

Pilar Diez Rodríguez

Palencia, España. pilar10rodriguez@hotmail.com

Palabras claves: arquitectura defensiva, patrimonio en tierra, tipologías constructivas de defensa

Resumen

La rehabilitación de un edificio para adecuarlo a vivienda y estudio taller de pintura del artista plástico Miguel Macho, se convierte en un trabajo de investigación simultáneo a la obra, que nos lleva al descubrimiento de lo que en realidad es una torre defensiva que formaba parte de un complejo mayor y que ha pasado inadvertido desde el s.X llegando prácticamente intacta hasta nuestros días.

El cuerpo bajo es de sillar con muros de hasta un metro de espesor y que llegan a alcanzar una altura de hasta cinco metros; el cuerpo superior de tapial y los muretes de cierre posterior de sillarejo con morteros y rellenos de tierra. El tapial ha perdido su revoco y se encuentra muy erosionado en la cara norte. Aparecen ocultos varios arcos góticos de hasta 3 m de altura, que delatan las funciones del edificio.

El trabajo de restauración que se realiza tiene como objetivo poner en valor el edificio original, desmontar los añadidos que carecen de interés y conseguir compatibilizar los elementos históricos con los nuevos usos.

El proyecto se entiende como un proceso de respuestas a las necesidades que el edificio impone, por un lado en cuanto a la restauración, se trata de resolver las necesidades de los propios materiales con las técnicas más sencillas y compatibles propias de los oficios tradicionales, y por otro lado cómo conjugarlo con la propuesta de una nueva cubierta innovadora, que sea una apuesta arriesgada para estar a la altura de la calidad de lo que se ha descubierto.

El presente artículo dará a conocer este patrimonio defensivo, a partir de la restauración realizada en los distintos elementos que lo configuran, situándolo además como el eslabón perdido de la historia del lugar en el que se sitúa, en un periodo de guerras, tras el derrumbe del Castillo de tierra cruda árabe y la construcción del Castillo de Monzón de Campos.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

La historia e imagen de Monzón de Campos siempre ha estado vincula a la presencia de su Castillo situado sobre un cerro. También en el municipio existió otro castillo anterior y más antiguo, “Los Castrillones”, que era de tierra y que como estaba al lado del río acabó desapareciendo con sus crecidas. Pero a pesar de la gran importancia que tuvo el municipio en la época Medieval, en la que fue cabeza del Condado de Monzón, existen muchas lagunas en su historia. El patrimonio edificado es la huella de aquel momento y de una forma de vida pero los vestigios de aquella época han ido desapareciendo bajo las sucesivas capas de la historia, muchas veces consecuencia de un desarrollismo mal entendido o del desconocimiento sobre el lugar en que se está actuando.

La Restauración de una casona en el Centro del municipio, adquirida por el artista plástico Miguel Macho, quien deseaba ubicar en ella su vivienda y estudio-taller de pintura, una Bottega de Artista, ha reabierto un periodo de la historia del municipio que estaba confuso. El documento construido que constituye el edificio reescribe la historia del lugar y aumenta el rico patrimonio del municipio con la que resulta ser la tercera fortaleza defensiva, un torreón, de un castillo o recinto fortificado mayor, que ha llegado intacto hasta la actualidad.

1.2 Reseña histórica

El origen de Monzón de Campos se remonta al siglo IX, entre el 883, consolidación de Castrojeriz, y el 899, fundación de Dueñas, dentro del gran movimiento repoblador de la submeseta norte. La cuenca del Carrión es un claro ejemplo de este desarrollo desde las montañas cantábricas hasta el río Duero, con un modelo que se repite: asentamiento de la población en un cerro cercano a la cuenca fluvial, protegido con un castillo y con las casas desparramadas en su cima y en sus laderas (Martínez Díez, 1987, p.246).

En 904 aparece la primera referencia concreta de la existencia de Monzón y de su castillo, ya que habla del alfoz y del castro de Monzón, y dice así: …*de quantum abeo in suburbio de kastro quod dicitur Monteson…* (Villa Calvo, 2002, p.12-13). En la España altomedieval los castillos son fundamentalmente obras de fortificación, lo que quiere decir que su emplazamiento, su construcción y su servicio normal están determinados por su función defensiva.

El Condado de Monzón, alcanzó durante este periodo una importancia política y militar de indudable relevancia bajo el dominio de la familia Ansúrez. Fernando Ansúrez es el primer miembro de dicho linaje del que se tiene noticias, y detenta el Condado de Castilla del 920 al 929, aunque también pudo ostentar el título de Conde de Monzón.

Le sucede su hijo Asur Fernández, personaje que aparece en la documentación desde el 936, aunque hay que esperar al 943 para conocer la primera referencia sobre la existencia del Condado de Monzón y de Asur Fernández como su dueño. Sus dominios se extienden desde la Ojeda hasta Sacramenia, y llegó, como su padre, a ostentar la dignidad de Conde de Castilla. Del 947 consta la última cita sobre su existencia. Continúan el linaje su hijo Fernando Ansúrez (Conde de Monzón entre el 950-976) que fue uno de los personajes con mayor poder del reino (casa a su hermana Teresa con el Rey de León) y a partir de aquí y hasta el año 985 es una época oscura, bajo el rey de León y que coincide con los ataques de Almarzor a tierras del sur del Condado (Martínez Díez, 1987, p.250-255).

La historia condal prosigue con la sucesión del Conde de Castilla Garcí Fernández, Sancho Garcés (995-1017) Conde de Castilla y Monzón, García Sánchez (1017-1029) y el principio del fin del poder condal a partir del año 1629 con Muniadona, esposa de Sancho III, el Mayor, de Navarra. Este tiempo concluye cuando Fernando Sánchez (hijo de Muniadona) Conde de Castilla y Monzón, ocupa el trono leonés en 1038 con el título de Fernando I, no deja de ostentar la dignidad condal, pero inicia una política de supresión de los condados.

1.3 Ubicación. Estructura urbana

Monzón de Campos se sitúa a 13 km de Palencia. La estructura urbana se desarrolla entre dos cerros y a la orilla del río Carrión. En estos cerros, se conocía la existencia de sendos castillos.

El primero y más antiguo está situado en el cerro de “Los Castrillones”, en donde en la actualidad sólo hay restos de un muro de grandes dimensiones. Situado al borde del río y con muy buena visibilidad, esta zona que se podría denominar como Barrio Bajo, ha sufrido un gran deterioro por las crecidas del río que socavaron la tierra arcillosa del asentamiento y produjeron su derrumbe y abandono, alrededor del siglo XII. (Villa Calvo, 2002, p.48-49)

En esta zona han aparecido numerosos restos arqueológicos, como son entre otros, un aguamanil de bronce con forma de León del periodo califal, que se encuentra en el Louvre, un mortero de bronce que se encuentra en el Museo Balaguer en Vilanova i La Geltrú y una lápida sepulcral con inscripciones del s. XI en el Museo Sefardí de Toledo. Se confirma la existencia de un barrio o asentamiento por los numerosos restos que existen, seguramente amurallado, no se ha realizado una excavación arqueológica, pero si se ha localizado una necrópolis.

El Barrio Alto, o Barrio del Castillo, es el que conserva el conocido Castillo de Monzón. Según la descripción que realiza Pascual Madoz (1848) “Monzón de Campos... situada en una superficie llana dominada por el norte y este de dos colinas, sobre las que se hallan las

fortalezas el castillo y el Castellón". Separa los dos castillos una distancia de unos 1.250 m (Madoz, 1846-1850, p.573, Vol. XII).

El Castillo de Monzón está formado por una Torre más antigua y un recinto amurallado posterior. Existen distintas opiniones sobre la cronología de la construcción de la torre, que la sitúan en los siglos X, XI, XII, XIII y XV, pero lo que si que es claro es que su factura de sillares bien labrados no encaja mucho con el tipo de construcciones del empobrecido siglo X y si en cambio con los paramentos románicos del siglo XII por su uniformidad, tamaño y buena calidad. El recinto almenado es posterior, del siglo XIV.

Figura 1. Vista del Castillo de Monzón (Barrio Alto) desde el Barrio del Salvador

A pesar de que el Castillo ha estado completamente en funcionamiento en el siglo XX como parador de Turismo, no se ha realizado una excavación arqueológica del entorno que ofrezca dados sobre el asentamiento que debió existir.
Pero la estructura urbana de Monzón presenta indicios de ser aun más compleja, con un tercer asentamiento, situado en el centro de la trama urbana y próximo a la Iglesia del Salvador (siglo XIII) el Barrio Intermedio o Barrio de El Salvador. Es en este lugar donde se ubica la Torre-Fortaleza objeto de estudio, una construcción defensiva que había pasado desapercibida hasta ahora, dejando un vacío en la historia del lugar. El descubrimiento da respuesta al periodo de abandono de la población del Barrio de los Castrillones que se situaría a continuación en el Barrio Intermedio, existente ya antes de la construcción de la Torre del actual Castillo de Monzón.

Figura 2. Vista del Barrio del Salvador y de Los Castrillones desde el Castillo de Monzón

1.4 El estilo de la época

El estilo artístico que se desarrollaba en el siglo IX-X es el mozárabe o de repoblación, pero los restos que se habían hallado hasta ahora se circunscriben sólo a edificios religiosos y a objetos preciosos, sin olvidar los códices miniados, manifestaciones que proporcionan escasa información sobre la cultura material del pueblo llano o incluso del mundo condal.

En cuanto a los castillos, hay autores que afirman que las fortificaciones de repoblación, sobre todo en las zonas llanas de la cuenca del Duero, se pudieron levantar de adobe y tapial en un primer momento, para ser reedificados en sillares o sillarejos de piedra en un segundo momento, cuando las condiciones económicas lo permitieran.

Según relata González (1982, p.47)

> …*Siendo del rey los castillos palentinos de esta época* (altomedieval), *es lógico que de él o de su delegado dependiesen su emplazamiento, construcción y servicio. La edificación, aunque fuese frecuentemente el mampuesto y aun la sillería, no siempre podría tener buenos materiales. En todo caso por su estructura simple no necesitaba grandes maestros; carecían de barbacanas y de otros refuerzos*…

2. ANÁLISIS DEL EDIFICIO. PREEXISTENCIAS

El edificio original se ocultaba bajo la apariencia de una vivienda de tres plantas, con una gran cuadra y almacén, en pleno centro del municipio. En un primer análisis se reconocen tres épocas de factura del edificio, que se plasman en el uso de diferentes aparejos y técnicas y la ausencia de trabazón entre muros.

Figura 3. Vista del estado inicial de la vivienda a restaurar.

2.1 Torre

La Torre es el recinto original más antiguo, y que ha llegado hasta hoy prácticamente intacto porque se utilizaba como cuadra. En su interior, aprovechando su gran altura, se habían construido las dependencias del establo, pajar y el baño de la vivienda, por encima de ellas emergía el pilar central de piedra que sustenta la estructura de madera de la planta superior.

Este cuerpo es muy regular, con muros de 1 m de espesor de sillarejo, se aprecian las marcas de ventanas saeteras en sus cuatro caras que están cegadas, una ventana de arco de medio punto (otra similar que aparece oculta enfrente de ella) y una puerta de entrada y un bocarón de pajar que son claramente posteriores. Esta cuadra se comunicaba con la vivienda con una portezuela pequeña, ocultando en el muro la presencia de un arco de tres metros de altura. Éste fue la única entrada del recinto y desde él arranca el suelo original, empedrado, en desnivel hasta alcanzar 5 m libres de altura.

2.2 Vivienda existente

En un segundo cuerpo adosado a la Torre original se había instalado la vivienda. En la calle lateral y en la esquina el muro está ejecutado con sillares de mejor factura, pero la entrada principal es más confusa, alternando zonas de tapial revocado al exterior y huecos muy pequeños, una grieta delataba la presencia de un arco. La cocina se situaba en otro cuerpo añadido en el que se señala la existencia de otro arco.

El interior es lúgubre, muy húmedo y con estancias de muy poca altura. Por una escalera se accede a las plantas superiores. En la primera planta una grieta parece marcar la traza del arco que se aprecia desde la cuadra, cortado aquí por el forjado.

2.3 Almacén

El tercer cuerpo en altura unifica todo el edificio bajo una sola cubierta. Se usaba como almacén y era completamente diáfano. Se levanta sobre los muros de piedra, es de tapial entre machones de piedra que atraviesan todo el espesor del muro. El tapial había perdido su revoco y se encontraba muy erosionado, sobre todo en la cara norte hacia el patio. La cubierta de estructura de madera se encontraba en muy mal estado de conservación.

3. PREMISAS CONCEPTUALES DE LA INTERVENCIÓN

La premisa principal del proyecto es conservar y sacar a la luz la estructura original del edificio: la torre, desmontar los añadidos y conseguir que este rescate sea compatible con los nuevos usos. No se trata de devolverlo a un “estado teórico original” sino de eliminar los elementos distorsionantes que permitan una lectura clara del edificio y sus episodios de añadidos, como un documento construido.

El criterio general en la restauración llevada a cabo fue mostrar de la forma más respetuosa las diferentes técnicas constructivas existentes incluso en el mismo paramento, poner de manifiesto su morfología dando como resultado el collage de la historia del edificio. De hecho mantener la “estética de la ruina” y su poder evocador favorece al edificio.

La propia lectura del edificio y sus paramentos indican cuales son las intervenciones necesarias en cada caso.

Otro criterio que se utiliza a lo largo de la intervención es la reutilización de elementos constructivos y materiales. Todo el material procedente del desmontaje se intenta reutilizar, como también elementos procedentes de otros lugares, que se reciclan. La rehabilitación se basa en uno de los primeros parámetros de la sostenibilidad que es la prolongación de la vida útil de una construcción (consumo ya realizado), reutilización y reciclaje de lo construido, reutilización y reciclaje de la arquitectura.

El proyecto utiliza en general estrategias como la reducción del consumo, la reparación en lugar de la sustitución y el reciclaje. Construcción como unión de soluciones tradicionales y sencillas con avances tecnológicos.

4. DESMONTAJE, DESCUBRIMIENTOS Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN

La intervención más drástica que se lleva a cabo es el vaciado completo de la antigua vivienda. Esta vivienda carecía de condiciones habitables, su desmontaje permite crear un patio que resuelve los accesos, se restauran los muros de sillar y sillarejo y se liberan los arcos ocultos en el muro permitiendo que se vean en toda su envergadura.

Con esta intervención se consigue una lectura clara del edificio original y del proceso de añadidos que ha sufrido.

Aparece un arco gótico de 3 m de altura que da acceso al recinto prácticamente rectangular de la fortaleza. El arco está intacto y tiene una marca de cantero que coincide con las que aparecen en los sillares de los arranques de la parte más baja. Estas marcas de cantería

coinciden con la Abadía de Husillos, muy cercana, con lo que podemos datar la construcción de la torre en el siglo X periodo en el que se produce el asentamiento de población en esta zona cercana a la Iglesia.

Posteriormente a la torre se le adosa un muro, que como el pilar del interior son del siglo XIV. Este pilar soporta la estructura de madera del forjado de la primera planta que también es la original y cercana a la base se encontró el arranque de una columna que pudo haber sido el soporte original.

Desde la entrada el suelo original va en desnivel, seguramente esto se debe a que la planta baja fue el refugio de los caballos, y la altura final, eliminados los escombros, llega en esta zona hasta 5 m libres.

En las cuatro fachadas del recinto se abren ventanas saeteras y aparecen otras menores con arco de medio punto la última en descubrirse provista de un orificio defensivo. Toda la construcción es de piedra de sillería de mayor o menor entidad, con los morteros de rejuntado de tierra y de relleno, aunque el cuerpo superior es de tapial, puede leerse como proviene de una factura posterior de integración de los dos cuerpos bajos.

En la planta primera, oculta embebida en el muro de tapial, se descubre una puerta con un dintel mudéjar, de madera labrado con una decoración geométrica y restos de policromía en tonos rojos y blancos.

La nueva distribución de usos que se proyectan para el edificio sitúan la vivienda en la planta superior, a modo de loft, en el espacio diáfano que se dedicaba a almacén. Se plantea acceder a ella a través de una escalera que se sitúa en el patio lateral para que no interfiera con las estructuras históricas y en la planta baja se instalará el estudio-bottega del artista que respetará la estructura antigua sin alterar su configuración. El patio delantero, donde antes se ubicaba la vivienda, será el acceso principal independiente para ambos espacios.

Figura 4. Vista de la composición del muro.

5. DESARROLLO DE LA REHABILITACIÓN: CRITERIOS DE INTERVENCIÓN / ACCIONES

5.1 Restauración de muros

En la restauración de los muros se intenta mantener la riqueza material de los mismos: se consolidan las fábricas de mampostería, sillares y tapiales, se cosen las fisuras, se picotean las juntas y se rejunta utilizando morteros de cal. Las zonas con morteros antiguos de tierra se respetan lo máximo posible consolidando las zonas exteriores.

5.2 Planta baja

En la planta baja una vez desmontada la vivienda apareció en fachada un arco de tres metros de altura, le faltaba la clave y algunas dovelas, que se reponen para restaurarlo (se habían cortado para abrir una ventana en la planta primera).

En la fachada exterior delantera y lateral derecho los muros son de sillar al exterior y al interior de tapial, esta diferencia de material produce fisuras y grietas entre las dos hojas. El agua de lluvia que fue entrando a lo largo del tiempo aumentó el problema, lo que en su día debió de ser la causa de que una zona de la fachada se derrumbara y reconstruyera con tapial. Las grietas del tapial, se retacan y se traban reponiendo los morteros de protección y acabado. Se utiliza mortero de cal y las esquinas se cosen con varillas de acero inoxidable de hasta 1 m de longitud.

En el interior de la torre se sanea el suelo, y se limpian los muros, pero sobre todo en la que corresponde con la cara norte que había perdido parte del mortero del rejuntado.

Figura 5. Vista general del exterior del edificio restaurado.

5.3 Estructura de madera

Se conserva la estructura de madera de la planta, realizando un tratamiento antixilófago superficial y con inyecciones. Para la realización del forjado se reutiliza la estructura existente, realizando un sándwich in situ con doble panel de madera con costillas interiores para nivelar y formar una cámara de aire y aislamiento de lana en su interior. El solado es de tarima sobre rastreles.

5.4 Cubierta

La solución de la cubierta es un ejercicio de innovación y experimentación, buscando por un lado reducir los costes lo máximo posible y por otro un efecto plástico necesario para

solucionar la estética del edificio. Se proyecta una cubierta curva que cubra de una forma asimétrica el interior de la vivienda que se sitúa en la planta de arriba y el patio cubierto donde se sitúa la escalera de acceso.

Está realizada con panel de madera contralaminado de 13 m de longitud curvados in situ. Todo el montaje se ejecuta en sólo dos días con tres personas. Las prestaciones térmicas de la cubierta se mejoran añadiendo aislamiento térmico (lana de roca) y una lámina impermeable difusora del calor.

Por último el material de cobertura es acero corten que se adapta a la curvatura y se pliega para resolver los remates laterales y el canalón.

5.5 Planta primera

En el interior de la planta primera se reutilizan y reciclan materiales de la propia casa, las puertas y solados.

Se descubren los antiguos yesos sobre el tapial y se consolidan, conservando los pictogramas y escritos de las paredes (en uno de ellos aparece una @ del año 1872). Para ello se limpian a esponja y se les aplica un consolidante. En la actualidad se está transcribiendo el contenido.

Se recuperan los huecos originales de las ventanas en el tapial y se realiza un tratamiento exterior, con la apertura de las ventanas del cuerpo superior y el revoco con mortero de cal y restauración del tapial. El dintel mudéjar se limpia y se le aplica un tratamiento protector y antixilófago.

Figura 6. Escritos sobre los revocos interiores

6. CONCLUSIONES

El cuerpo de la torre original responde a las tipologías constructivas del siglo X, tanto en la pobreza de los materiales (muros de tapial y sillarejo) como en la simplicidad del trazado. Las marcas de cantería se corresponden con las del Monasterio cercano fechado en ese siglo y también el dintel mudéjar nos sitúa en el estilo artístico de ese momento.

En cuanto a la función del edificio, las ventanas saeteras en sus cuatro caras nos indican su carácter defensivo y que en un primer momento estuvo exento. También la envergadura del arco de entrada y el desnivel del piso delatan su uso por jinetes y caballería.

Por otro lado las notas históricas y las dudas que plantean al fechar las construcciones de los castillos hasta ahora conocidos, hace que todo apunte a que el edificio que se está restaurando sea el castillo del Barrio del Salvador, construido en el siglo X, con funciones defensivas, la torre-fortaleza de los Condes de Monzón, en una primera época exenta y a la que posteriormente se le añaden construcciones pasando a formar parte de un conjunto mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Villa Calvo, N. (2002). *Mendunia. Historia documentada del Condado de Monzón.* Palencia: ed Diputación de Palencia.

González, J. (1982). *Cuestiones de repoblación en tierras palentinas*, en Palencia en la Historia. Palencia: p. 46-66, ed La Casa de Palencia en Madrid.

Madoz, P. (1846-1850). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Madrid: ed Establecimiento tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti (Copia digital realizada por la Biblioteca de Andalucía)

Martínez Díez, G. (1987). *Los Condados de Carrión y Monzón: sus fronteras*, en Actas del I Congreso de Historia de Palencia, Tomo II: Fuentes Documentales y Edad Media. Palencia: p. 245–274, ed Diputación Provincia de Palencia.

Currículo

Pilar Diez Rodríguez, arquitecto-urbanista, Máster en Restauración del Patrimonio, doctorando en “Modernidad y contemporaneidad en la Arquitectura” del área de Proyectos arquitectónicos de la Universidad de Valladolid. Directora de la Unidad de Promoción y Desarrollo de la Diputación de Palencia en cuatro ediciones. Presidenta de la Delegación de Palencia del Colegio de Arquitectos de León.

EL CENTRO HISTÓRICO DE SAN JUAN DE OJOJONA, UNA OPORTUNIDAD DE DESARROLLO LOCAL A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL CONTEXTO RURAL DE HONDURAS, CENTROAMÉRICA

Javier Parra Rodríguez, Wilda Vanessa Banegas Montoya, Yeni Karoleska Medina Aguilar

Oficina del Centro Histórico de San Juan de Ojojona, Proyecto Gestión del Patrimonio Cultural para el Desarrollo del municipio de Ojojona, Oficina Técnica de Cooperación en Honduras-AECID. Honduras.

Palabras claves: Patrimonio, cooperación, desarrollo, adobe.

Resumen

Gracias a la Declaratoria de Monumento Nacional de Honduras del Centro Histórico de San Juan de Ojojona en el año 1996, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y su Programa de Patrimonio para el Desarrollo dieron prioridad a este municipio desde octubre de 2010. El Proyecto Gestión del Patrimonio Cultural para el Desarrollo Local del municipio de Ojojona se ha materializado como Oficina del Centro Histórico de Ojojona, quien ejecuta acciones en el marco de los tres componentes del proyecto: el fortalecimiento Institucional para la Gestión del Centro Histórico, la rehabilitación de espacios públicos y la mejora de habitabilidad. Es en este último componente en el que gravita el artículo. La vivienda y sus habitantes se convierten en motor de los procesos participativos del Proyecto, mediante construcciones con tierra, que beben de su historia, sensibles con la realidad económica local y responsable con el medio natural circundante.

Las intervenciones en los proyectos de mejora de la habitabiliadad se convierten en ejemplos sensibles al sistema constructivo tradicional. Se utiliza la construcción con adobe o bahareque que refuerzan el paisaje cultural local transformando no sólo las edificaciones sino que incorpora en este proceso a los vecinos de San Juan de Ojojona.

1. PROYECTO DE GESTIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL PARA EL DESARROLLO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE OJOJONA

1.1 Introducción

El Municipio de San Juan de Ojojona (Departamento de Francisco Morazán) se localiza en la parte sur de Tegucigalpa, capital de Honduras, a una distancia de 33 kilómetros sobre la carretera Panamericana. A una altitud media de 1400 metros sobre el nivel del mar.

La superficie territorial es de 239,4 kilómetros cuadrados, de los cuales aproximadamente 6,3 kilómetros cuadrados corresponden al casco urbano, que a su vez, medio kilómetro cuadrado se encuentra amparado por el Reglamento de Protección del Centro Histórico de San Juan de Ojojona (CHSJO). El resto de superficie, 233,1 kilómetros cuadrados corresponden al área rural.

1.1.1. Historia de San Juan de Ojojona

El Municipio de San Juan de Ojojona, tiene importancia histórica de relevancia a nivel nacional, ya que albergó la primera mina encontrada y explotada por la colonia española del Departamento de Francisco Morazán. De acuerdo a relatos locales, estas minas, las minas de Guasucarán, son las que aparecen representadas en el Escudo Nacional de Honduras.

De igual forma Ojojona conserva una de las mayores riquezas étnicas y culturales del país, debido a que su población es de origen “lenca” (una de las comunidades indígenas autóctona de Honduras) y tradicionalmente celebran el Guancasco o Paisanasgo, costumbre muy antigua de los habitantes de Ojojona y Lepaterique. Este ritual tiene como propósito confirmar los lazos de amistad entre los dos pueblos.

En las comunidades de Cofradía, El Círculo y Surcos de Caña los métodos y diseños tradicionales en la producción y la elaboración de artesanías en barro constituyen la principal actividad económica. En su casco urbano se pueden observar edificaciones que

conservan su estilo colonial, como son los edificios institucionales como la Casa Consistorial, las Iglesias y una fuente conocida como el Ojo de Agua, los cuales son considerados de alto valor patrimonial.

1.1.2. Programa Patrimonio para el Desarrollo de la AECID/Honduras

El proyecto se enmarca dentro del sector Cultura y Desarrollo, Objetivo Específico (OE2): Fomentar el desarrollo económico desde el sector cultural, apoyando los movimientos creativos, promoviendo la producción cultural y explorando nuevas formas de distribución. Este proyecto continua las bases teóricas de los trabajos precedentes que forman parte de del Programa Comayagua Colonia (Castellanos, 2008)

Dentro de este objetivo específico el proyecto responderá a la línea de actuación "Gestión sostenible del patrimonio cultural para el desarrollo" a través del cual se apoyan los procesos de conservación, restauración, uso social de los bienes patrimoniales materiales e inmateriales desde una perspectiva económica, cultural y de participación ciudadana local y el apoyo a intervenciones de mejora de la habitabilidad en entornos patrimoniales.

Con relación a la Estrategia de Cultura y Desarrollo, el proyecto responde a la Línea Estratégica 5 que también se refiere a la gestión sostenible del patrimonio cultural para el desarrollo, específicamente con el Objetivo 1: "apoyar los múltiples procesos existentes en conservación, restauración, preservación y revalorización de los bienes patrimoniales, tanto los materiales como los inmateriales, analizando la contribución que todos estos esfuerzos de carácter multisectorial puedan aportar al desarrollo sostenible".

1.2. El Proyecto de Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo local del municipio de San Juan de Ojojona

1.2.1. Objetivos

Objetivo de desarrollo al que contribuye: Mejorar las condiciones de vida de la población fortaleciendo los tejidos sociales, culturales y económicos y la capacidad institucional.

Objetivo General: Mejorar la conservación, gestión y el aprovechamiento del patrimonio cultural del municipio de Ojojona como recurso que contribuye al desarrollo local y la lucha contra la pobreza.

Objetivos Específicos:

1. Fortalecer la gestión sostenible del patrimonio cultural del municipio de San Juan Ojojona.
2. Mejorar el conocimiento del patrimonio cultural del municipio de San Juan Ojojona como recurso para el desarrollo local.
3. Recuperación del patrimonio cultural para su aprovechamiento como recurso y desarrollo local.

1.2.2. Fases del proyecto

El proyecto se ejecuta a través de subvenciones que la AECID concedidas directamente a la Alcaldía de Ojojona, que se distribuyen en las 3 fases del proyecto, cada una de ellas con una duración de 12 meses (36 meses en total).

Las acciones se realizan en base a 3 componentes principales del proyecto:

- Componente 1: Gestión del Centro Histórico.
- Componente 2: Rehabilitación de espacios públicos.
- Componente 3: Rehabilitación de viviendas.

2. MEJORA DE HABITABILIDAD EN OJOJONA

2.1. Punto de partida

Si nos centramos en el componente 3 necesitamos detectar el árbol de problemas, figura1, para iniciar las distintas estrategias.

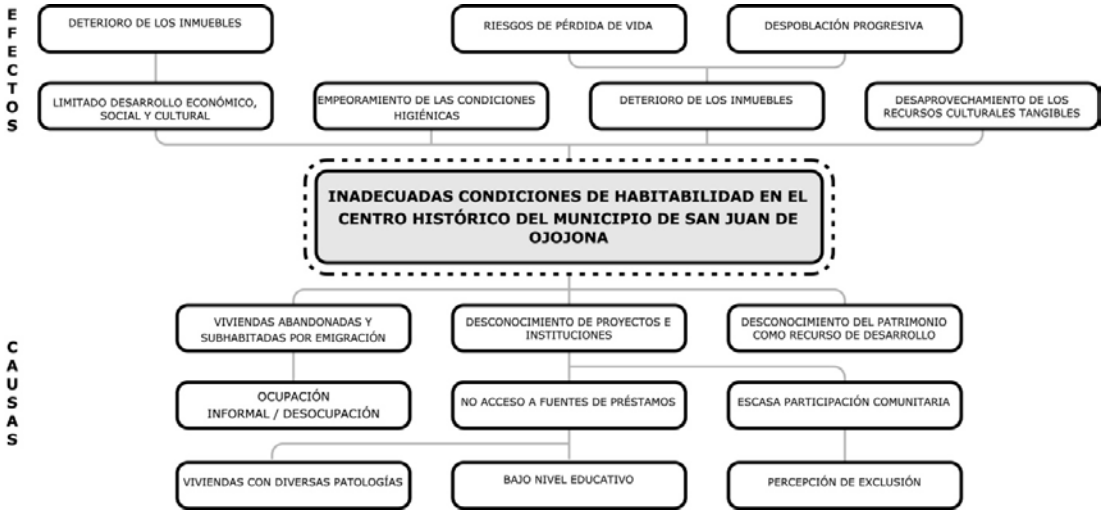


Figura 1. Árbol de problemas habitacionales en San Juan de Ojojona

2.2. Estrategia

1. Participación directa de la población en actuaciones simultáneas en el ámbito físico-urbanístico y social.
2. Dotar a las viviendas de una mejor disposición de los espacios interiores, condiciones suficientes de seguridad estructural o constructiva, brindar protección contra la presencia de agua y humedad, mejorar la iluminación natural y ventilación interior y mejorar las instalaciones eléctricas.
3. Profundizar en el ejercicio de la ciudadanía, lo que requiere de un modelo de gestión compartido entre las autoridades y la población, que fomente la ayuda mutua y el fortalecimiento del capital humano y social a través del aprovechamiento de la riqueza patrimonial del CHSJO.

2.3. Proceso de selección de beneficiarios

SOCIALES**:**

1. Necesidades objetiva y sentida de vivienda.
2. Interés y voluntad de las familias de mejorar su vivienda.
3. Participación puntual en reuniones de seguimiento.
4. Familia reside en la vivienda ubicada en el Centro Histórico.
5. El solicitante forma parte del núcleo familiar.
6. El solicitante no posee más de una vivienda en el sector.

ECONÓMICAS:

1. Familias cuentan con fuentes de ingreso regular e irregular.
2. Capacidad de cumplir con aporte de participación.
3. Capacidad de pago por concepto de componente financiero de contraparte.

INSTITUCIONAL:

1. Vivienda cuenta con propietario registrado en Catastro Municipal e Instituto de la Propiedad.
2. Cumplir con el Reglamento de Constitución.
3. Pago al día de impuestos de Bienes Inmuebles.
4. Solvencia Municipal.
5. Documento de legalidad de la propiedad.

Tabla 1. Variables para la selección de futuros beneficiarios para el componente de vivienda

VARIABLE	DESCRIPCIÓN		CALIFICACIÓN
Condiciones financieras = 10 puntos	Número de Salarios Mínimos Legales Vigentes	Hasta 5.500 Lps (1 SMLV) : 10 ptos	Hasta un máximo de 10 puntos
		Hasta 8.250 Lps (1 y ½ SMLV) : 8 ptos	
		Hasta 11.000 Lps (2 SMLV) : 6 ptos	
		Hasta 13.750 Lps (2 y ½ SMLV) : 4 ptos	
		Hasta 16.500 Lps (3 SMLV) : 2 ptos	
		De 16.501 Lps en adelante(Más de 3 SMLV) : No recibe puntaje	
Condiciones de vulnerabilidad = 30 puntos	Nº de miembros del hogar	Por cada miembro del hogar : 1 pto	Hasta un máximo de 5 puntos
	Hogar uniparental	Hogar uniparental: si se da alguna de las siguientes circunstancias: -Si se trata de padre o madre sólo con dependientes -Si el jefe o jefa del grupo familiar es discapacitado permanente o perteneciera a la tercera edad (≥ 65) Observaciones: Si la aspirante fuera una persona sola, sin cargas familiares, no recibiría puntos.	Hasta un máximo de 10 puntos
	Presencia de población dependiente	Por cada miembro del grupo familiar que corresponda: -Discapacitado/a físico o mentalmente: 10 ptos. -Adulto mayor (≥ 65 años) : 5 ptos.	Un máximo de 15 puntos
Necesidades Básicas Insatisfechas = 46 puntos	**Agua Potable:** Carencia en la vivienda de agua por tubería.		4 puntos
	Saneamiento: Carencia de servicio sanitario o letrina.		4 puntos
	Educación: Que los niños de 8 a 13 años no hayan completado el grado correspondiente a su edad: los de 8 años=primer grado; los de 9 años=segundo grado, etc		1 punto
	Capacidad de subsistencia: Que el jefe o la jefa no tenga más de tres años de educación primaria; que una persona perciba algún ingreso por trabajo para más de tres miembros del hogar.		1 punto
	Hacinamiento: Cuando duermen más de tres personas en una habitación	>4 personas por habitación: 9 ptos.	Un máximo de 9 puntos
		De 3-4 personas por habitación: Hasta 7-8 puntos.	
		≤ 2 personas por habitación: 0 ptos.	
	Estado de la vivienda		
	Techo A: Zinc, desechos, sin encielar: 9 ptos. Techo B: Teja, Asbesto cemento: 6 ptos. Techo C: Otro material: No obtiene puntaje.		Un máximo de 9 puntos
	Piso A: Tierra, madera, picado: 9 ptos. Piso B: Cemento, concreto, loseta de barro: 6 ptos. Piso C: Otro material: No obtiene puntaje.		Un máximo de 9 puntos
	Paredes A: Desechos, inexistentes, sin repellar: 9 ptos. Paredes B: Adobe o tabla: 6 ptos. Paredes C: Otro material: No obtiene puntaje.		Un máximo de 9 puntos
Condiciones del proyecto = 14 puntos	Ubicación: Viviendas se encuentran en zona de interés de intervención. Ubicación A: Viviendas a orillas de una calle principal: 7 ptos. Ubicación B: Vivienda en calles secundarias: 5 ptos. Ubicación C: Viviendas en zona de amortiguamiento: 3 ptos.		Hasta un máximo de 7 puntos
	Vivienda con estructura y características de valor patrimonial: 1. Alto valor patrimonial: 7 ptos. 2. Medio Valor patrimonial: 5 ptos. 3. Bajo valor patrimonial: 3 ptos.		Hasta un máximo de 7 puntos

2.4. Proyectos de vivienda

Según estos varemos, y las diversas situaciones que fueron apareciendo durante la consecución del Proyecto, las viviendas ejecutadas fueron 8 en la primera Fase y 3 en la segunda, como aparece en la figura 2.

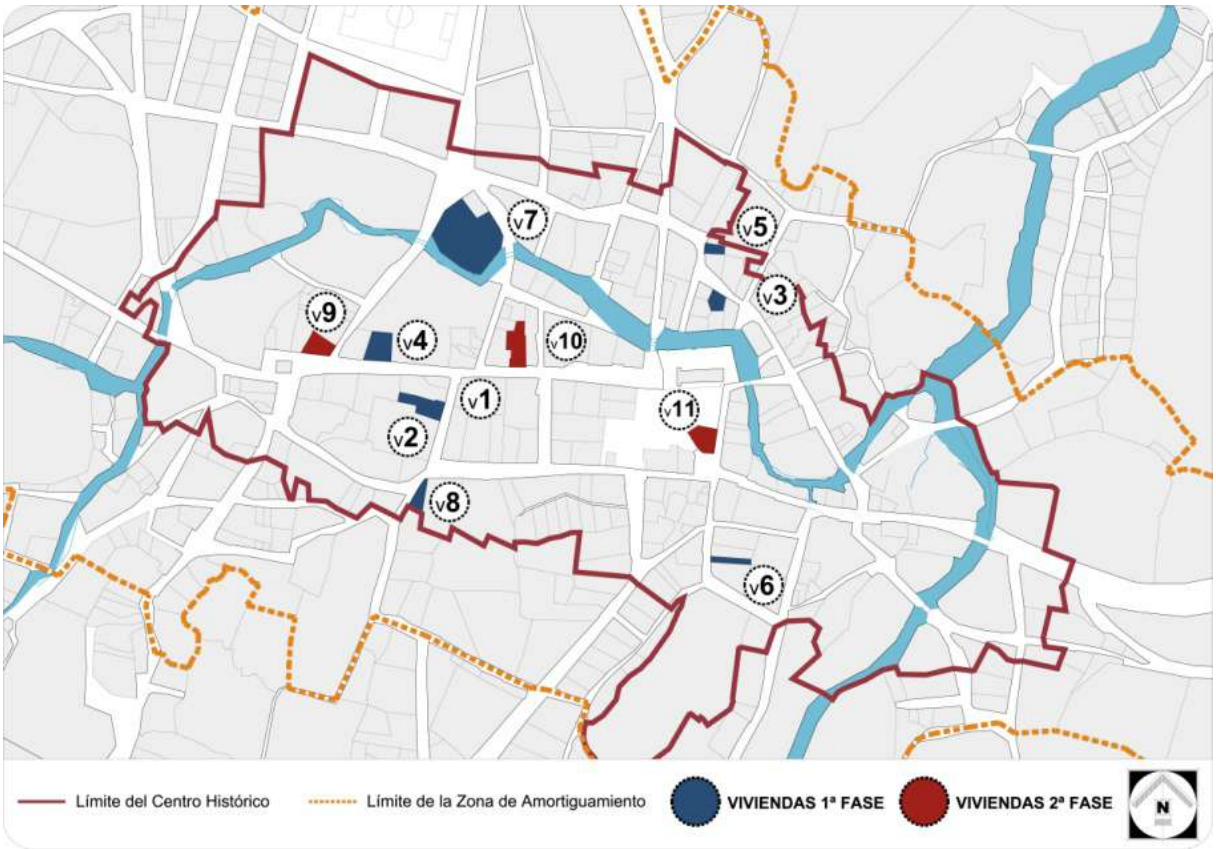


Figura 2. Plano de situación de las viviendas en el CHSJO.

Tabla 2. Viviendas apoyadas por el Proyecto		
VIVIENDA o1: Primera seleccionada por haber cedido el techo y dejar a la propietaria sin vivienda. Se trabajó en conjunto con una Escuela Taller de Ojojona, que proporcionó parte de la mano de obra y materiales.	**Costo:** 370,641.72 Lps. 19,507.45 $ **15,173.70 €**	
VIVIENDA o2: Seleccionada por las precarias condiciones de habitabilidad y como ejemplo piloto de vivienda productiva. Se consigue reintegrar una vivienda que estaba fuera del contexto de Centro Histórico.	**Costo:** 275,506.88 Lps. 14,500.36 $ **11,278.97 €**	
VIVIENDA o3: Seleccionada por condiciones las condiciones financieras familiares, espacios mal distribuidos internamente, situación de insalubridad y falta de saneamiento interno.	**Costo:** 277,750.00 Lps. 14,618.42 $ **11,370.80 €**	
VIVIENDA o4: Vivienda de madre soltera con tres hijos, se le mejora la vivienda creando nuevos espacios interiores y un área para poner un negocio propio que le brinde un ingreso mensual que mejore su calidad de vida de forma permanente.	**Costo:** 295,825.80 Lps. 15,545.23 $ **12,091.71€**	

VIVIENDA o5: Seleccionada por ser una familia de tres miembros viviendo en un área de 6 m2, careciendo de sistema de agua potable y eliminación de excretas. Vivienda productiva de nueva planta.	**Costo:** 322,508.55 Lps. 16,947.37 $ **13,182.35 €**	
VIVIENDA o6: Seleccionada por ser madre viuda de cuatro hijos y alfarera. Vivía en condiciones de extrema pobreza. Proyecto de mejora de vivienda y del pequeño taller de alfarería.	**Costo:** 225,026.20 Lps. 11,824.81 $ **9,197.822 €**	
VIVIENDA o7: Seleccionada por vivir en hacinamiento bajo una construcción de diferentes elementos de dudosa calidad de manera parcheada. Vivienda de nueva construcción.	**Costo:** 268,823.00 Lps. 13,750.11 $ **10,622.77 €**	
VIVIENDA o8: Familia de madre viuda con cuatro hijos en situación de riesgo laboral. Proyecto de mejora de vivienda con reposición de techos e instalaciones sanitarias y eléctricas.	**Costo:** 237,600.23 Lps. 12,153.09 $ **9,388.97 €**	

3. LA VIVIENDA DE DON RAFAEL

Se selecciona la vivienda de la familia de Don Diego Rafael Silva para profundizar en un caso concreto de mejora de vivienda. En este caso, debido al estado inicial de la vivienda donde habitaban y la disposición del beneficiario a la hora de apoyar con material el proceso de construcción de su vivienda, se optó por la opción de nueva construcción. Remarcar en este punto que cuando se inició el diseño de la nueva vivienda ya se disponía del primer borrador del Reglamento de Protección del CHSJO.

Tras la elección del sitio en la zona menos vulnerable de la parcela, debido a su proximidad a la quebrada del río San Juan, se decidió seguir las indicaciones del Reglamento que enmarcaba a la manzana como construcción en alineación, lo que iba a permitir la configuración de la calle.

3.1. Estudio tipológico

Como metodología de aproximación a las soluciones habitacionales se realizó un estudio tipológico de la vivienda rural del municipio de San Juan de Ojojona. Se detectaron los elementos propios de la arquitectura popular de la zona central de Honduras (Salinas, 2002). El análisis de estas tipologías no sólo se realizó por medio de visitas de campo, sino que también se realizaron unas fichas de consulta para definir los usos y programas de las viviendas en Ojojona de ahora y de sus antepasados. Estas fichas albergaban un apartado donde debían elaborar un pequeño ejercicio de dibujo de su propia casa.

Los resultados, figura 3, arrojaron la definición de tipologías estándar, modificables según las características intrínsecas de cada familia.

Se observa cómo la complejidad de las tipologías se consigue por adhesión de estancias y por la vinculación o no de la casa con el patio trasero. En el caso de la casa de la familia de Don Diego (figura 4), se opta por la tipología L02 al ser una solución que permitía su futuro crecimiento en la parcela.

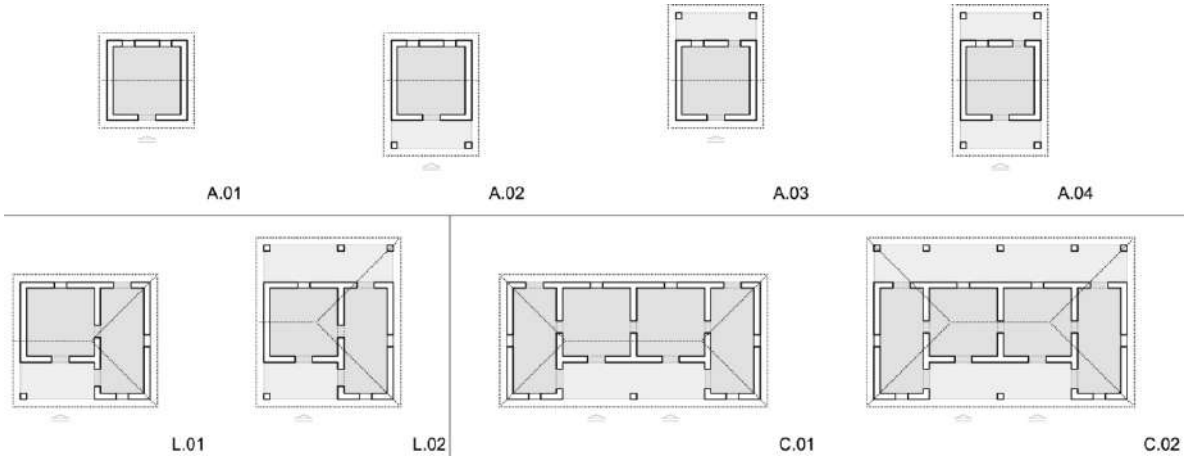


Figura 3. Tipologías de vivienda en San Juan de Ojojona.

Figura 4. Planta y detalle constructivo de la vivienda de la familia de Don Rafael.

3.2. Materiales constructivos

Los materiales de la construcción tradicional local son los que han tenido a su alcance, básicamente formados por piedra, tierra y madera. Al tratarse de un pueblo artesano, que trabaja el barro, disponen de hornos donde pueden cocer una producción de ladrillos y teja limitada.

3.2.1 La tierra

La arquitectura popular de San Juan de Ojojona tiene su base en la construcción con tierra. Se utiliza en elementos estructurales, así como en morteros y repellos (mezclón). Los sistemas constructivos son el adobe y el bahareque. En el caso de esta vivienda se utilizó un molde genérico de bloque de adobe de 54 cm x 25 cm x1 5 cm. La mezcla de la tierra estaba compuesta por arena, arcilla, limos, hoja de pino camuleano y agua. La mezcla se deja reposar 24 horas antes de la utilización, preferiblemente en luna llena, y tras introducirlo en los moldes, apisonarlo con los pies, y enrasar con un listón de madera el barro sobrante, se desmolda dejándolo en esa posición secar durante 7 días. Posteriormente se voltean otros 7 días antes de poder apilarlo para que continúe el secado bajo cubierto y de forma

aislada del suelo. La tierra se utiliza también para las juntas, de 4 cm de espesor, de la construcción de las paredes, y para su repello, éste con 2 cm de espesor aproximadamente.

3.2.2 La piedra

La piedra que se utiliza en la construcción es de geometría irregular. La extracción de la piedra se realizó de una propiedad de un familiar de las aldeas del municipio. Esta piedra se utilizó para la cimentación y sobrecimiento o tramo de inicial de muro.

3.2.3 La madera

La extracción de la madera se realizó tras el cuenteo de los pies tablares total del proyecto, con el que se efectuó el permiso de explotación y el consecuente certificado legal. Se seleccionaron los árboles uno a uno en la propiedad del dueño bajo la supervisión de la Unidad Municipal del Ambiente, quien marcaba aquellos árboles que no eran semillero. La madera utilizada fue la de pino híbrido.

3.2.4 La teja

Es el único material que no se encontraba en las inmediaciones del pueblo, pero son varios los lugares en el Departamento que ofrecen la venta de la teja árabe o teja española, de dimensiones 45 cm x 22 cm x 18 cm.

3.3. Técnicas constructivas

A continuación se describen las técnicas constructivas que definen las fases de la construcción, ver figura 5. Estas técnicas constructivas rescatan técnicas tradicionales que persisten en la práctica diaria local, a las que se suman algunas mejoras. Estas mejoras se producen desde la gestión de la obra, hasta en el redimensionamiento de algunos de los elementos para una ejecución más eficaz y en unos plazos menores. Así como el refuerzo estructural, mediante el uso de estructuras mixtas de tierra y concreto, que permiten trabajar mejor ante esfuerzos verticales y horizontales.

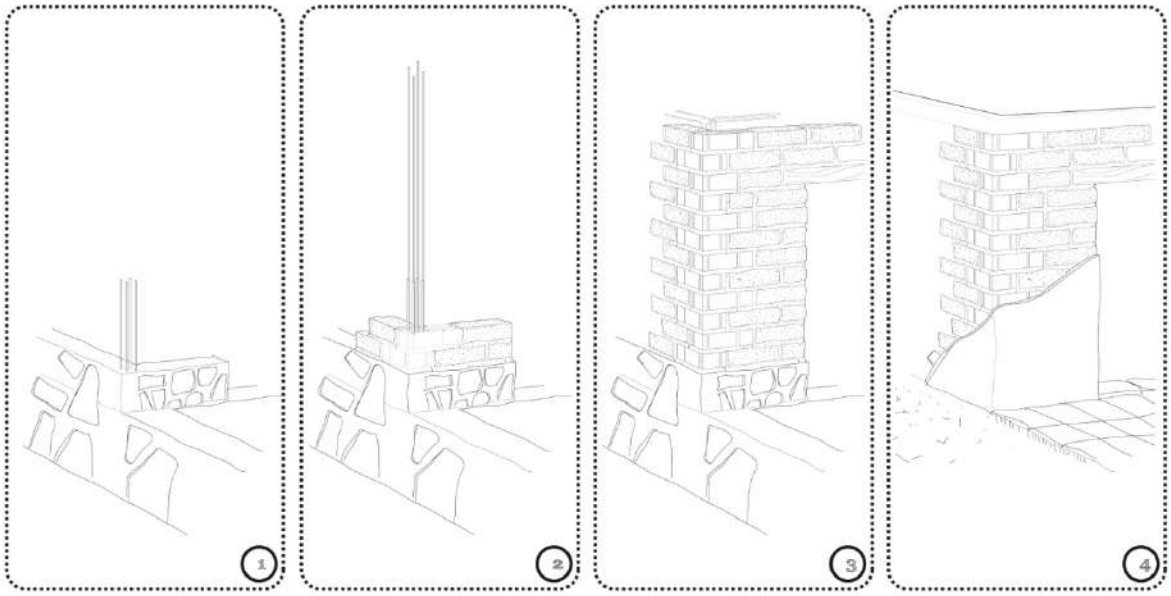


Figura 5. Axonometría del proceso de construcción del detalle en esquina

3.3.1 La cimentación

Las paredes de adobe nacen de una base de piedras irregulares rejuntadas con mortero de cemento. La base de la cimentación se apoya sobre un lecho de gravas a una cota: -1,0m bajo el nivel de pavimento que define la cota 0 del proyecto. El espesor del primer tramo de cimentación es de 50 cm. A partir de la cota -0,15 m se continúa con el sobrecimiento de espesor de 25 cm que llega a una cota 0,23 m sobre el nivel de pavimento, dejando el paso

de puertas futuras libres. Desde la cimentación quedan definidas las posiciones de los "pilares" de hormigón armando mediante la posición de cuatro barrillas de espera.

3.3.2 Las paredes de adobe

Una vez se disponía de los adobes secos se colocan según planos. Las juntas entre adobes son de 4 cm a modo de muro de mampostería confinada con aparejo a soga. Es fundamental que se levanten a su vez las llaves de enlace entre los castillos (pilares de hormigón armado) y el adobe, mediante ladrillo rafón (ladrillo cocido) que hace de encofrado del "pilar" para evitar futuras patologías. Estas llaves están formadas por grupos de ladrillos que crean la dimensión exacta del adobe que iría en su lugar según la trabazón correspondiente. El proceso constructivo ha de estar coordinado para ir subiendo hilada tras hilada a la vez, teniendo en cuenta la posición de puertas y ventanas, con el cuidado en estas últimas a nivel de cargador (dintel de madera de los huecos). Se llega así hasta el nivel de solera superior (zuncho de atado perimetral superior) que ata todos los castillos (pilares) que tiene la función de repartir las cargas de la cubierta de manera homogénea sobre los muros de adobe.

3.3.3 La cubierta

La cubierta está formada por una estructura de madera, que como elemento principal están las tijeras (cerchas) dispuestas de manera unidireccional definiendo una geometría de cubierta a dos aguas. Éstas están arriostradas en el sentido perpendicular mediante cruces de San Andrés y las "tapas" laterales de mampostería de adobe. Sobre esta estructura principal se encuentran las reglas de madera (correas) a una distancia entre si no mayor a 30 cm y sobreponer una lámina plástica (danodren) antes de la colocación de la teja tradicional.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones se dividen en dos grupos. El primero engloba las conclusiones de carácter constructivo. Se puede concluir en este sentido en que la unión de técnicas constructivas tradicionales locales, con las técnicas actuales que ofrecen los materiales más modernos, como el uso de concreto, son positivas si existe un conocimiento técnico de ambas (figura 5). Al utilizar mano de obra local, en construcciones del ámbito rural de poblaciones con escasos recursos económicos, resulta muy complicada la incorporación de técnicas constructivas complejas. La incorporación de soluciones de bajo coste, como la utilización del adobe tradicional, ampliamente conocidas por los constructores locales, se convierte en la decisión idónea. Sin renunciar a la incorporación de refuerzos estructurales de concreto, siempre y cuando se conozca la manera de casar ambas técnicas sin generar futuras patologías.

Respecto a las conclusiones que se refieren no tanto al producto, sino al proceso, resaltar las facilidades que concede la utilización de la tierra como material constructivo a la hora de incorporar a los propietarios en el proceso constructivo. Es así como el componente añadido de la participación de los usuarios en la construcción de su propia casa, permite acceder a una mejor vivienda al bajar los costes de mano de obra. Sin olvidar que se garantiza su futuro mantenimiento al disponer de los conocimientos básicos constructivos de su vivienda adquiridos durante la construcción.

Se puede confirmar que la tierra se vuelve en una herramienta útil y eficaz a la hora de incorporarla en los proyectos de mejora del hábitat en el contexto de comunidades rurales que reciben apoyo mediante proyectos de cooperación para el desarrollo.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA

Castellanos, E. (2008). *Programa Comayagua Colonial. Estudio de impacto y monitoreo de la revitalización del Centro Histórico de Comayagua (1996-2006.* Madrid: AECID.

Salinas, I. (2002). *Arquitectura de los grupos étnicos de Honduras.* Tegucigalpa: Editorial Guaymuras.

Currículos

Javier Parra: Arquitecto, con Diploma de Estudios Avanzados en el Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Dispone de especialización en Cooperación para el Desarrollo y Habitabilidad Básica con el ICHaB. Y durante el desarrollo del presente artículo participó en el XXII convocatoria del Programa de Jóvenes Cooperantes con la AECID.

Wilda Banegas: Arquitecta, con Maestría en Turismo en la Universidad Tecnológica de Honduras. Ha trabajado en la Asociación de Municipios de Honduras y actualmente es Coordinadora del Proyecto de Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo del Municipio de Sana Juan de Ojojona.

Yeni Medina: Arquitecta, con especialidad en Patrimonio. Directora de Obra en el Proyecto de Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo del Municipio de Sana Juan de Ojojona.

EL CENTRO HISTÓRICO DE SAN JUAN DE OJOJONA, UNA OPORTUNIDAD DE DESARROLLO LOCAL A TRAVÉS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL CONTEXTO RURAL DE HONDURAS, CENTROAMÉRICA

Javier Parra Rodríguez, Wilda Vanessa Banegas Montoya, Yeni Karoleska Medina Aguilar

Oficina del Centro Histórico de San Juan de Ojojona, Proyecto Gestión del Patrimonio Cultural para el Desarrollo del municipio de Ojojona, Oficina Técnica de Cooperación en Honduras-AECID. Honduras.

Palabras claves: Patrimonio, cooperación, desarrollo, adobe.

Resumen

Gracias a la Declaratoria de Monumento Nacional de Honduras del Centro Histórico de San Juan de Ojojona en el año 1996, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y su Programa de Patrimonio para el Desarrollo dieron prioridad a este municipio desde octubre de 2010. El Proyecto Gestión del Patrimonio Cultural para el Desarrollo Local del municipio de Ojojona se ha materializado como Oficina del Centro Histórico de Ojojona, quien ejecuta acciones en el marco de los tres componentes del proyecto: el fortalecimiento Institucional para la Gestión del Centro Histórico, la rehabilitación de espacios públicos y la mejora de habitabilidad. Es en este último componente en el que gravita el artículo. La vivienda y sus habitantes se convierten en motor de los procesos participativos del Proyecto, mediante construcciones con tierra, que beben de su historia, sensibles con la realidad económica local y responsable con el medio natural circundante.

Las intervenciones en los proyectos de mejora de la habitabiliadad se convierten en ejemplos sensibles al sistema constructivo tradicional. Se utiliza la construcción con adobe o bahareque que refuerzan el paisaje cultural local transformando no sólo las edificaciones sino que incorpora en este proceso a los vecinos de San Juan de Ojojona.

1. PROYECTO DE GESTIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL PARA EL DESARROLLO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE OJOJONA

1.1 Introducción

El Municipio de San Juan de Ojojona (Departamento de Francisco Morazán) se localiza en la parte sur de Tegucigalpa, capital de Honduras, a una distancia de 33 kilómetros sobre la carretera Panamericana. A una altitud media de 1400 metros sobre el nivel del mar.

La superficie territorial es de 239,4 kilómetros cuadrados, de los cuales aproximadamente 6,3 kilómetros cuadrados corresponden al casco urbano, que a su vez, medio kilómetro cuadrado se encuentra amparado por el Reglamento de Protección del Centro Histórico de San Juan de Ojojona (CHSJO). El resto de superficie, 233,1 kilómetros cuadrados corresponden al área rural.

1.1.1. Historia de San Juan de Ojojona

El Municipio de San Juan de Ojojona, tiene importancia histórica de relevancia a nivel nacional, ya que albergó la primera mina encontrada y explotada por la colonia española del Departamento de Francisco Morazán. De acuerdo a relatos locales, estas minas, las minas de Guasucarán, son las que aparecen representadas en el Escudo Nacional de Honduras.

De igual forma Ojojona conserva una de las mayores riquezas étnicas y culturales del país, debido a que su población es de origen “lenca” (una de las comunidades indígenas autóctona de Honduras) y tradicionalmente celebran el Guancasco o Paisanasgo, costumbre muy antigua de los habitantes de Ojojona y Lepaterique. Este ritual tiene como propósito confirmar los lazos de amistad entre los dos pueblos.

En las comunidades de Cofradía, El Círculo y Surcos de Caña los métodos y diseños tradicionales en la producción y la elaboración de artesanías en barro constituyen la principal actividad económica. En su casco urbano se pueden observar edificaciones que

conservan su estilo colonial, como son los edificios institucionales como la Casa Consistorial, las Iglesias y una fuente conocida como el Ojo de Agua, los cuales son considerados de alto valor patrimonial.

1.1.2. Programa Patrimonio para el Desarrollo de la AECID/Honduras

El proyecto se enmarca dentro del sector Cultura y Desarrollo, Objetivo Específico (OE2): Fomentar el desarrollo económico desde el sector cultural, apoyando los movimientos creativos, promoviendo la producción cultural y explorando nuevas formas de distribución. Este proyecto continua las bases teóricas de los trabajos precedentes que forman parte de del Programa Comayagua Colonia (Castellanos, 2008)

Dentro de este objetivo específico el proyecto responderá a la línea de actuación "Gestión sostenible del patrimonio cultural para el desarrollo" a través del cual se apoyan los procesos de conservación, restauración, uso social de los bienes patrimoniales materiales e inmateriales desde una perspectiva económica, cultural y de participación ciudadana local y el apoyo a intervenciones de mejora de la habitabilidad en entornos patrimoniales.

Con relación a la Estrategia de Cultura y Desarrollo, el proyecto responde a la Línea Estratégica 5 que también se refiere a la gestión sostenible del patrimonio cultural para el desarrollo, específicamente con el Objetivo 1: "apoyar los múltiples procesos existentes en conservación, restauración, preservación y revalorización de los bienes patrimoniales, tanto los materiales como los inmateriales, analizando la contribución que todos estos esfuerzos de carácter multisectorial puedan aportar al desarrollo sostenible".

1.2. El Proyecto de Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo local del municipio de San Juan de Ojojona

1.2.1. Objetivos

Objetivo de desarrollo al que contribuye: Mejorar las condiciones de vida de la población fortaleciendo los tejidos sociales, culturales y económicos y la capacidad institucional.

Objetivo General: Mejorar la conservación, gestión y el aprovechamiento del patrimonio cultural del municipio de Ojojona como recurso que contribuye al desarrollo local y la lucha contra la pobreza.

Objetivos Específicos:

1. Fortalecer la gestión sostenible del patrimonio cultural del municipio de San Juan Ojojona.
2. Mejorar el conocimiento del patrimonio cultural del municipio de San Juan Ojojona como recurso para el desarrollo local.
3. Recuperación del patrimonio cultural para su aprovechamiento como recurso y desarrollo local.

1.2.2. Fases del proyecto

El proyecto se ejecuta a través de subvenciones que la AECID concedidas directamente a la Alcaldía de Ojojona, que se distribuyen en las 3 fases del proyecto, cada una de ellas con una duración de 12 meses (36 meses en total).

Las acciones se realizan en base a 3 componentes principales del proyecto:

- Componente 1: Gestión del Centro Histórico.
- Componente 2: Rehabilitación de espacios públicos.
- Componente 3: Rehabilitación de viviendas.

2. MEJORA DE HABITABILIDAD EN OJOJONA

2.1. Punto de partida

Si nos centramos en el componente 3 necesitamos detectar el árbol de problemas, figura1, para iniciar las distintas estrategias.

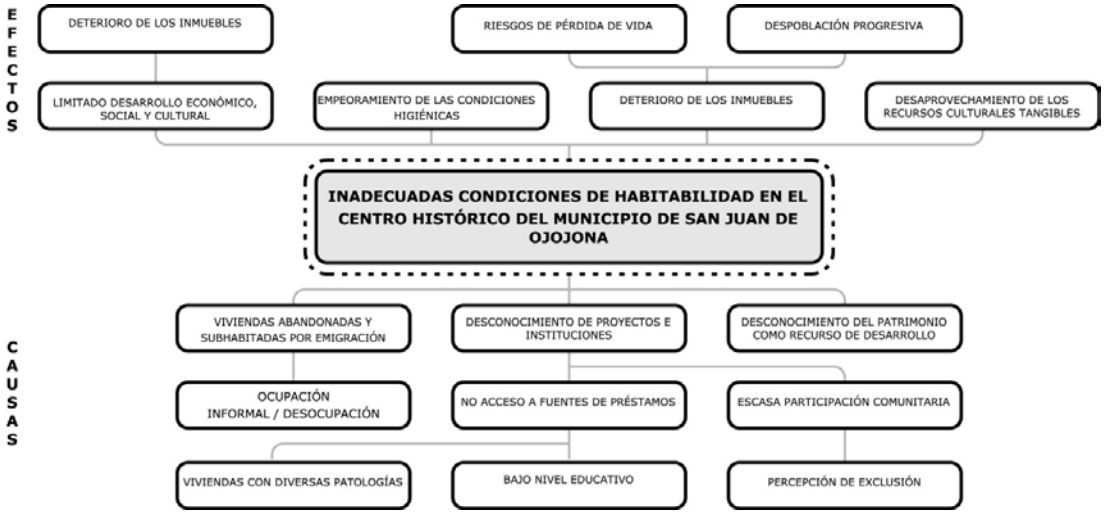


Figura 1. Árbol de problemas habitacionales en San Juan de Ojojona

2.2. Estrategia

1. Participación directa de la población en actuaciones simultáneas en el ámbito físico-urbanístico y social.
2. Dotar a las viviendas de una mejor disposición de los espacios interiores, condiciones suficientes de seguridad estructural o constructiva, brindar protección contra la presencia de agua y humedad, mejorar la iluminación natural y ventilación interior y mejorar las instalaciones eléctricas.
3. Profundizar en el ejercicio de la ciudadanía, lo que requiere de un modelo de gestión compartido entre las autoridades y la población, que fomente la ayuda mutua y el fortalecimiento del capital humano y social a través del aprovechamiento de la riqueza patrimonial del CHSJO.

2.3. Proceso de selección de beneficiarios

SOCIALES**:**

1. Necesidades objetiva y sentida de vivienda.
2. Interés y voluntad de las familias de mejorar su vivienda.
3. Participación puntual en reuniones de seguimiento.
4. Familia reside en la vivienda ubicada en el Centro Histórico.
5. El solicitante forma parte del núcleo familiar.
6. El solicitante no posee más de una vivienda en el sector.

ECONÓMICAS:

1. Familias cuentan con fuentes de ingreso regular e irregular.
2. Capacidad de cumplir con aporte de participación.
3. Capacidad de pago por concepto de componente financiero de contraparte.

INSTITUCIONAL:

1. Vivienda cuenta con propietario registrado en Catastro Municipal e Instituto de la Propiedad.
2. Cumplir con el Reglamento de Constitución.
3. Pago al día de impuestos de Bienes Inmuebles.
4. Solvencia Municipal.
5. Documento de legalidad de la propiedad.

Tabla 1. Variables para la selección de futuros beneficiarios para el componente de vivienda

VARIABLE	DESCRIPCIÓN		CALIFICACIÓN
Condiciones financieras = 10 puntos	Número de Salarios Mínimos Legales Vigentes	Hasta 5.500 Lps (1 SMLV) : 10 ptos	Hasta un máximo de 10 puntos
		Hasta 8.250 Lps (1 y ½ SMLV) : 8 ptos	
		Hasta 11.000 Lps (2 SMLV) : 6 ptos	
		Hasta 13.750 Lps (2 y ½ SMLV) : 4 ptos	
		Hasta 16.500 Lps (3 SMLV) : 2 ptos	
		De 16.501 Lps en adelante(Más de 3 SMLV) : No recibe puntaje	
Condiciones de vulnerabilidad = 30 puntos	Nº de miembros del hogar	Por cada miembro del hogar : 1 pto	Hasta un máximo de 5 puntos
	Hogar uniparental	Hogar uniparental: si se da alguna de las siguientes circunstancias: -Si se trata de padre o madre sólo con dependientes -Si el jefe o jefa del grupo familiar es discapacitado permanente o perteneciera a la tercera edad (≥ 65) Observaciones: Si la aspirante fuera una persona sola, sin cargas familiares, no recibiría puntos.	Hasta un máximo de 10 puntos
	Presencia de población dependiente	Por cada miembro del grupo familiar que corresponda: -Discapacitado/a físico o mentalmente: 10 ptos. -Adulto mayor (≥ 65 años) : 5 ptos.	Un máximo de 15 puntos
Necesidades Básicas Insatisfechas = 46 puntos	**Agua Potable:** Carencia en la vivienda de agua por tubería.		4 puntos
	Saneamiento: Carencia de servicio sanitario o letrina.		4 puntos
	Educación: Que los niños de 8 a 13 años no hayan completado el grado correspondiente a su edad: los de 8 años=primer grado; los de 9 años=segundo grado, etc		1 punto
	Capacidad de subsistencia: Que el jefe o la jefa no tenga más de tres años de educación primaria; que una persona perciba algún ingreso por trabajo para más de tres miembros del hogar.		1 punto
	Hacinamiento: Cuando duermen más de tres personas en una habitación	>4 personas por habitación: 9 ptos.	Un máximo de 9 puntos
		De 3-4 personas por habitación: Hasta 7-8 puntos.	
		≤ 2 personas por habitación: 0 ptos.	
	Estado de la vivienda		
	Techo A: Zinc, desechos, sin encielar: 9 ptos. Techo B: Teja, Asbesto cemento: 6 ptos. Techo C: Otro material: No obtiene puntaje.		Un máximo de 9 puntos
	Piso A: Tierra, madera, picado: 9 ptos. Piso B: Cemento, concreto, loseta de barro: 6 ptos. Piso C: Otro material: No obtiene puntaje.		Un máximo de 9 puntos
	Paredes A: Desechos, inexistentes, sin repellar: 9 ptos. Paredes B: Adobe o tabla: 6 ptos. Paredes C: Otro material: No obtiene puntaje.		Un máximo de 9 puntos
Condiciones del proyecto = 14 puntos	Ubicación: Viviendas se encuentran en zona de interés de intervención. Ubicación A: Viviendas a orillas de una calle principal: 7 ptos. Ubicación B: Vivienda en calles secundarias: 5 ptos. Ubicación C: Viviendas en zona de amortiguamiento: 3 ptos.		Hasta un máximo de 7 puntos
	Vivienda con estructura y características de valor patrimonial: 1. Alto valor patrimonial: 7 ptos. 2. Medio Valor patrimonial: 5 ptos. 3. Bajo valor patrimonial: 3 ptos.		Hasta un máximo de 7 puntos

2.4. Proyectos de vivienda

Según estos varemos, y las diversas situaciones que fueron apareciendo durante la consecución del Proyecto, las viviendas ejecutadas fueron 8 en la primera Fase y 3 en la segunda, como aparece en la figura 2.

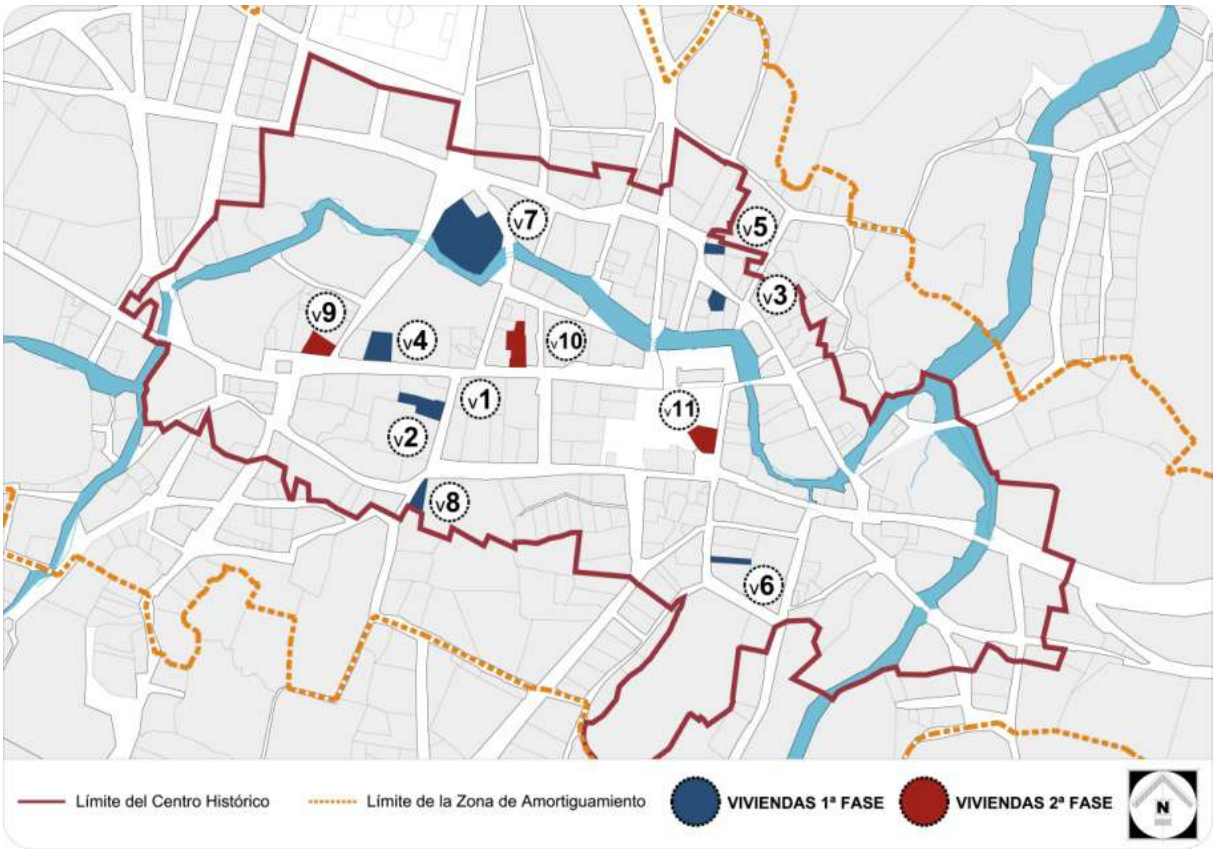


Figura 2. Plano de situación de las viviendas en el CHSJO.

Tabla 2. Viviendas apoyadas por el Proyecto		
VIVIENDA o1: Primera seleccionada por haber cedido el techo y dejar a la propietaria sin vivienda. Se trabajó en conjunto con una Escuela Taller de Ojojona, que proporcionó parte de la mano de obra y materiales.	**Costo:** 370,641.72 Lps. 19,507.45 $ **15,173.70 €**	
VIVIENDA o2: Seleccionada por las precarias condiciones de habitabilidad y como ejemplo piloto de vivienda productiva. Se consigue reintegrar una vivienda que estaba fuera del contexto de Centro Histórico.	**Costo:** 275,506.88 Lps. 14,500.36 $ **11,278.97 €**	
VIVIENDA o3: Seleccionada por condiciones las condiciones financieras familiares, espacios mal distribuidos internamente, situación de insalubridad y falta de saneamiento interno.	**Costo:** 277,750.00 Lps. 14,618.42 $ **11,370.80 €**	
VIVIENDA o4: Vivienda de madre soltera con tres hijos, se le mejora la vivienda creando nuevos espacios interiores y un área para poner un negocio propio que le brinde un ingreso mensual que mejore su calidad de vida de forma permanente.	**Costo:** 295,825.80 Lps. 15,545.23 $ **12,091.71€**	

VIVIENDA o5: Seleccionada por ser una familia de tres miembros viviendo en un área de 6 m2, careciendo de sistema de agua potable y eliminación de excretas. Vivienda productiva de nueva planta.	**Costo:** 322,508.55 Lps. 16,947.37 $ **13,182.35 €**	
VIVIENDA o6: Seleccionada por ser madre viuda de cuatro hijos y alfarera. Vivía en condiciones de extrema pobreza. Proyecto de mejora de vivienda y del pequeño taller de alfarería.	**Costo:** 225,026.20 Lps. 11,824.81 $ **9,197.822 €**	
VIVIENDA o7: Seleccionada por vivir en hacinamiento bajo una construcción de diferentes elementos de dudosa calidad de manera parcheada. Vivienda de nueva construcción.	**Costo:** 268,823.00 Lps. 13,750.11 $ **10,622.77 €**	
VIVIENDA o8: Familia de madre viuda con cuatro hijos en situación de riesgo laboral. Proyecto de mejora de vivienda con reposición de techos e instalaciones sanitarias y eléctricas.	**Costo:** 237,600.23 Lps. 12,153.09 $ **9,388.97 €**	

3. LA VIVIENDA DE DON RAFAEL

Se selecciona la vivienda de la familia de Don Diego Rafael Silva para profundizar en un caso concreto de mejora de vivienda. En este caso, debido al estado inicial de la vivienda donde habitaban y la disposición del beneficiario a la hora de apoyar con material el proceso de construcción de su vivienda, se optó por la opción de nueva construcción. Remarcar en este punto que cuando se inició el diseño de la nueva vivienda ya se disponía del primer borrador del Reglamento de Protección del CHSJO.

Tras la elección del sitio en la zona menos vulnerable de la parcela, debido a su proximidad a la quebrada del río San Juan, se decidió seguir las indicaciones del Reglamento que enmarcaba a la manzana como construcción en alineación, lo que iba a permitir la configuración de la calle.

3.1. Estudio tipológico

Como metodología de aproximación a las soluciones habitacionales se realizó un estudio tipológico de la vivienda rural del municipio de San Juan de Ojojona. Se detectaron los elementos propios de la arquitectura popular de la zona central de Honduras (Salinas, 2002). El análisis de estas tipologías no sólo se realizó por medio de visitas de campo, sino que también se realizaron unas fichas de consulta para definir los usos y programas de las viviendas en Ojojona de ahora y de sus antepasados. Estas fichas albergaban un apartado donde debían elaborar un pequeño ejercicio de dibujo de su propia casa.

Los resultados, figura 3, arrojaron la definición de tipologías estándar, modificables según las características intrínsecas de cada familia.

Se observa cómo la complejidad de las tipologías se consigue por adhesión de estancias y por la vinculación o no de la casa con el patio trasero. En el caso de la casa de la familia de Don Diego (figura 4), se opta por la tipología L02 al ser una solución que permitía su futuro crecimiento en la parcela.

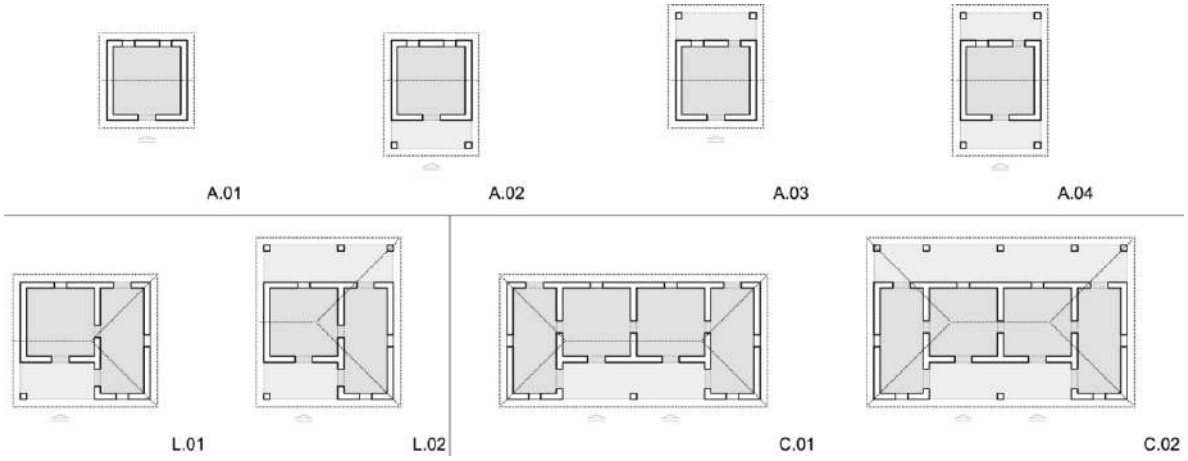


Figura 3. Tipologías de vivienda en San Juan de Ojojona.

Figura 4. Planta y detalle constructivo de la vivienda de la familia de Don Rafael.

3.2. Materiales constructivos

Los materiales de la construcción tradicional local son los que han tenido a su alcance, básicamente formados por piedra, tierra y madera. Al tratarse de un pueblo artesano, que trabaja el barro, disponen de hornos donde pueden cocer una producción de ladrillos y teja limitada.

3.2.1 La tierra

La arquitectura popular de San Juan de Ojojona tiene su base en la construcción con tierra. Se utiliza en elementos estructurales, así como en morteros y repellos (mezclón). Los sistemas constructivos son el adobe y el bahareque. En el caso de esta vivienda se utilizó un molde genérico de bloque de adobe de 54 cm x 25 cm x1 5 cm. La mezcla de la tierra estaba compuesta por arena, arcilla, limos, hoja de pino camuleano y agua. La mezcla se deja reposar 24 horas antes de la utilización, preferiblemente en luna llena, y tras introducirlo en los moldes, apisonarlo con los pies, y enrasar con un listón de madera el barro sobrante, se desmolda dejándolo en esa posición secar durante 7 días. Posteriormente se voltean otros 7 días antes de poder apilarlo para que continúe el secado bajo cubierto y de forma

aislada del suelo. La tierra se utiliza también para las juntas, de 4 cm de espesor, de la construcción de las paredes, y para su repello, éste con 2 cm de espesor aproximadamente.

3.2.2 La piedra

La piedra que se utiliza en la construcción es de geometría irregular. La extracción de la piedra se realizó de una propiedad de un familiar de las aldeas del municipio. Esta piedra se utilizó para la cimentación y sobrecimiento o tramo de inicial de muro.

3.2.3 La madera

La extracción de la madera se realizó tras el cuenteo de los pies tablares total del proyecto, con el que se efectuó el permiso de explotación y el consecuente certificado legal. Se seleccionaron los árboles uno a uno en la propiedad del dueño bajo la supervisión de la Unidad Municipal del Ambiente, quien marcaba aquellos árboles que no eran semillero. La madera utilizada fue la de pino híbrido.

3.2.4 La teja

Es el único material que no se encontraba en las inmediaciones del pueblo, pero son varios los lugares en el Departamento que ofrecen la venta de la teja árabe o teja española, de dimensiones 45 cm x 22 cm x 18 cm.

3.3. Técnicas constructivas

A continuación se describen las técnicas constructivas que definen las fases de la construcción, ver figura 5. Estas técnicas constructivas rescatan técnicas tradicionales que persisten en la práctica diaria local, a las que se suman algunas mejoras. Estas mejoras se producen desde la gestión de la obra, hasta en el redimensionamiento de algunos de los elementos para una ejecución más eficaz y en unos plazos menores. Así como el refuerzo estructural, mediante el uso de estructuras mixtas de tierra y concreto, que permiten trabajar mejor ante esfuerzos verticales y horizontales.

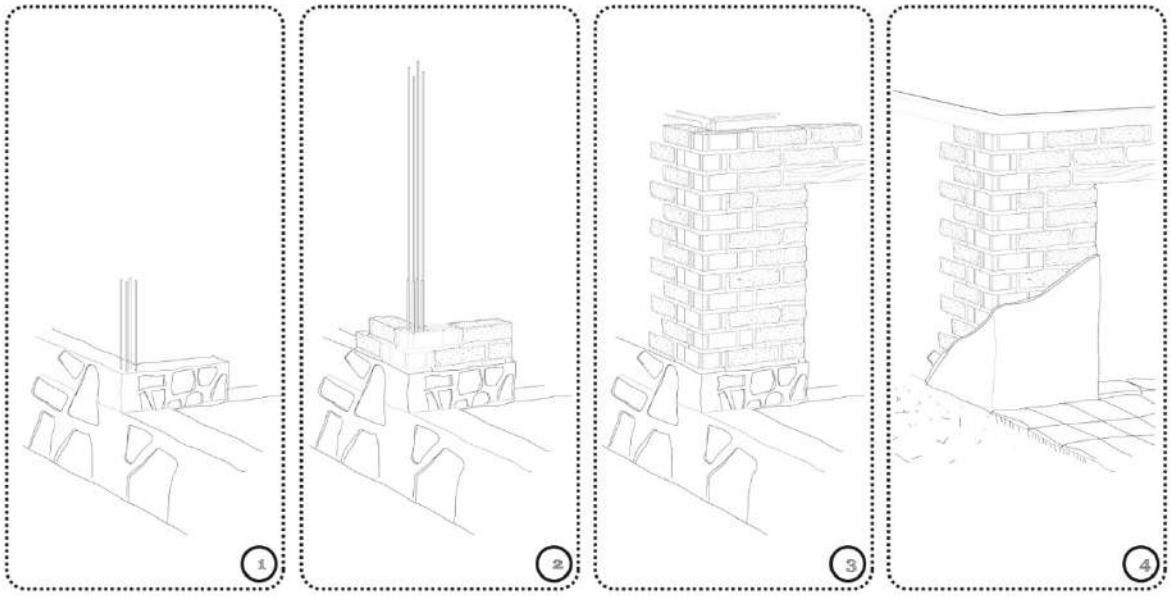


Figura 5. Axonometría del proceso de construcción del detalle en esquina

3.3.1 La cimentación

Las paredes de adobe nacen de una base de piedras irregulares rejuntadas con mortero de cemento. La base de la cimentación se apoya sobre un lecho de gravas a una cota: -1,0m bajo el nivel de pavimento que define la cota 0 del proyecto. El espesor del primer tramo de cimentación es de 50 cm. A partir de la cota -0,15 m se continúa con el sobrecimiento de espesor de 25 cm que llega a una cota 0,23 m sobre el nivel de pavimento, dejando el paso

de puertas futuras libres. Desde la cimentación quedan definidas las posiciones de los "pilares" de hormigón armando mediante la posición de cuatro barrillas de espera.

3.3.2 Las paredes de adobe

Una vez se disponía de los adobes secos se colocan según planos. Las juntas entre adobes son de 4 cm a modo de muro de mampostería confinada con aparejo a soga. Es fundamental que se levanten a su vez las llaves de enlace entre los castillos (pilares de hormigón armado) y el adobe, mediante ladrillo rafón (ladrillo cocido) que hace de encofrado del "pilar" para evitar futuras patologías. Estas llaves están formadas por grupos de ladrillos que crean la dimensión exacta del adobe que iría en su lugar según la trabazón correspondiente. El proceso constructivo ha de estar coordinado para ir subiendo hilada tras hilada a la vez, teniendo en cuenta la posición de puertas y ventanas, con el cuidado en estas últimas a nivel de cargador (dintel de madera de los huecos). Se llega así hasta el nivel de solera superior (zuncho de atado perimetral superior) que ata todos los castillos (pilares) que tiene la función de repartir las cargas de la cubierta de manera homogénea sobre los muros de adobe.

3.3.3 La cubierta

La cubierta está formada por una estructura de madera, que como elemento principal están las tijeras (cerchas) dispuestas de manera unidireccional definiendo una geometría de cubierta a dos aguas. Éstas están arriostradas en el sentido perpendicular mediante cruces de San Andrés y las "tapas" laterales de mampostería de adobe. Sobre esta estructura principal se encuentran las reglas de madera (correas) a una distancia entre si no mayor a 30 cm y sobreponer una lámina plástica (danodren) antes de la colocación de la teja tradicional.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones se dividen en dos grupos. El primero engloba las conclusiones de carácter constructivo. Se puede concluir en este sentido en que la unión de técnicas constructivas tradicionales locales, con las técnicas actuales que ofrecen los materiales más modernos, como el uso de concreto, son positivas si existe un conocimiento técnico de ambas (figura 5). Al utilizar mano de obra local, en construcciones del ámbito rural de poblaciones con escasos recursos económicos, resulta muy complicada la incorporación de técnicas constructivas complejas. La incorporación de soluciones de bajo coste, como la utilización del adobe tradicional, ampliamente conocidas por los constructores locales, se convierte en la decisión idónea. Sin renunciar a la incorporación de refuerzos estructurales de concreto, siempre y cuando se conozca la manera de casar ambas técnicas sin generar futuras patologías.

Respecto a las conclusiones que se refieren no tanto al producto, sino al proceso, resaltar las facilidades que concede la utilización de la tierra como material constructivo a la hora de incorporar a los propietarios en el proceso constructivo. Es así como el componente añadido de la participación de los usuarios en la construcción de su propia casa, permite acceder a una mejor vivienda al bajar los costes de mano de obra. Sin olvidar que se garantiza su futuro mantenimiento al disponer de los conocimientos básicos constructivos de su vivienda adquiridos durante la construcción.

Se puede confirmar que la tierra se vuelve en una herramienta útil y eficaz a la hora de incorporarla en los proyectos de mejora del hábitat en el contexto de comunidades rurales que reciben apoyo mediante proyectos de cooperación para el desarrollo.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA

Castellanos, E. (2008). *Programa Comayagua Colonial. Estudio de impacto y monitoreo de la revitalización del Centro Histórico de Comayagua (1996-2006.* Madrid: AECID.

Salinas, I. (2002). *Arquitectura de los grupos étnicos de Honduras.* Tegucigalpa: Editorial Guaymuras.

Currículos

Javier Parra: Arquitecto, con Diploma de Estudios Avanzados en el Departamento de Proyectos Arquitectónicos de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Dispone de especialización en Cooperación para el Desarrollo y Habitabilidad Básica con el ICHaB. Y durante el desarrollo del presente artículo participó en el XXII convocatoria del Programa de Jóvenes Cooperantes con la AECID.

Wilda Banegas: Arquitecta, con Maestría en Turismo en la Universidad Tecnológica de Honduras. Ha trabajado en la Asociación de Municipios de Honduras y actualmente es Coordinadora del Proyecto de Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo del Municipio de Sana Juan de Ojojona.

Yeni Medina: Arquitecta, con especialidad en Patrimonio. Directora de Obra en el Proyecto de Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo del Municipio de Sana Juan de Ojojona.

RESTAURACIÓN IGLESIA SAN MARCOS DE MAMIÑA POST SISMO 13 JUNIO 2005, REGIÓN DE TARAPACA, CHILE

Hugo Pereira Gigogne

Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile
Avda Dieciocho 390 Santiago de Chile
Tel. (562) 7877313
pgigogne@gmail.com

Palabras claves: Iglesia, Albañilería de piedra sin refuerzo, Arquitectura vernácula, Patrimonio en tierra, Modelo de refuerzo constructivo-estructural

Resumen

El 23 de Junio de 2005, un fuerte sismo azotó la zona norte de Chile dañando un importante patrimonio religioso. En particular iglesias pre-altiplánicas de indudable valor cultural y filiación estilística barroca, fruto de un sincretismo de influencias hispánicas y prehispánicas del área del siglo XVI.

A raíz de la magnitud de los daños y el amplio territorio abarcado, se creó un reconocido comité profesional, especializado en patrimonio, interactuando coordinadamente con el gobierno y universidades locales, así como especialistas profesionales peruanos conocedores de la arquitectura vernácula dañada.

Este caso se ubica en un antiguo asentamiento prehispánico de origen Aymára e Inca. La gestión de restauración de esta Iglesia se enmarcó en un plan de reconstrucción con participación del sector público y privado mediante instrumentos legales de donaciones culturales. Los recursos financieros provinieron de una compañía minera aledaña al sitio patrimonial y coordinado a través de la Corporación del patrimonio cultural de Chile. El difícil acceso a la obra, escasa documentación del inmueble, mano de obra, asesorías estructurales y empresas constructoras especializadas en patrimonio, retardaron e hicieron imposible cumplir con la programación temporal originalmente generada.

La Iglesia construida principalmente de albañilería de piedra, sin refuerzo y argamasa de barro, resistió razonablemente el embate sísmico, gracias a contrafuertes construidos por la propia comunidad con ese fin. Especial importancia significó la recuperación de la fachada principal de piedra canteada. El reconocimiento de un cementerio aborigen, obligó a establecer protocolos especiales de resguardo de los restos encontrados.

Intervenciones inadecuadas como la sustitución de la cubierta original, revoques de muros interiores y de fachadas, introducción de elementos extraños y situaciones urbanísticas negativas del entorno, obligaron a los equipos profesionales a proponer soluciones que restituyeran adecuada y razonadamente el valor cultural de éste bien. Se resolvieron importantes modificaciones estructurales así como la restauración de bienes murales y valiosos inmuebles incluyendo imaginería religiosa y órgano de madera nativa.

Los criterios de restauración arquitectónica aplicados, fueron los que establecen las cartas internacionales y convenciones del patrimonio, con especial aplicación del criterio de anastilosis. Lo anterior con el propósito futuro de que ésta, así como otras Iglesias de la zona sean declaradas monumento nacional, proceso que actualmente está en marcha.

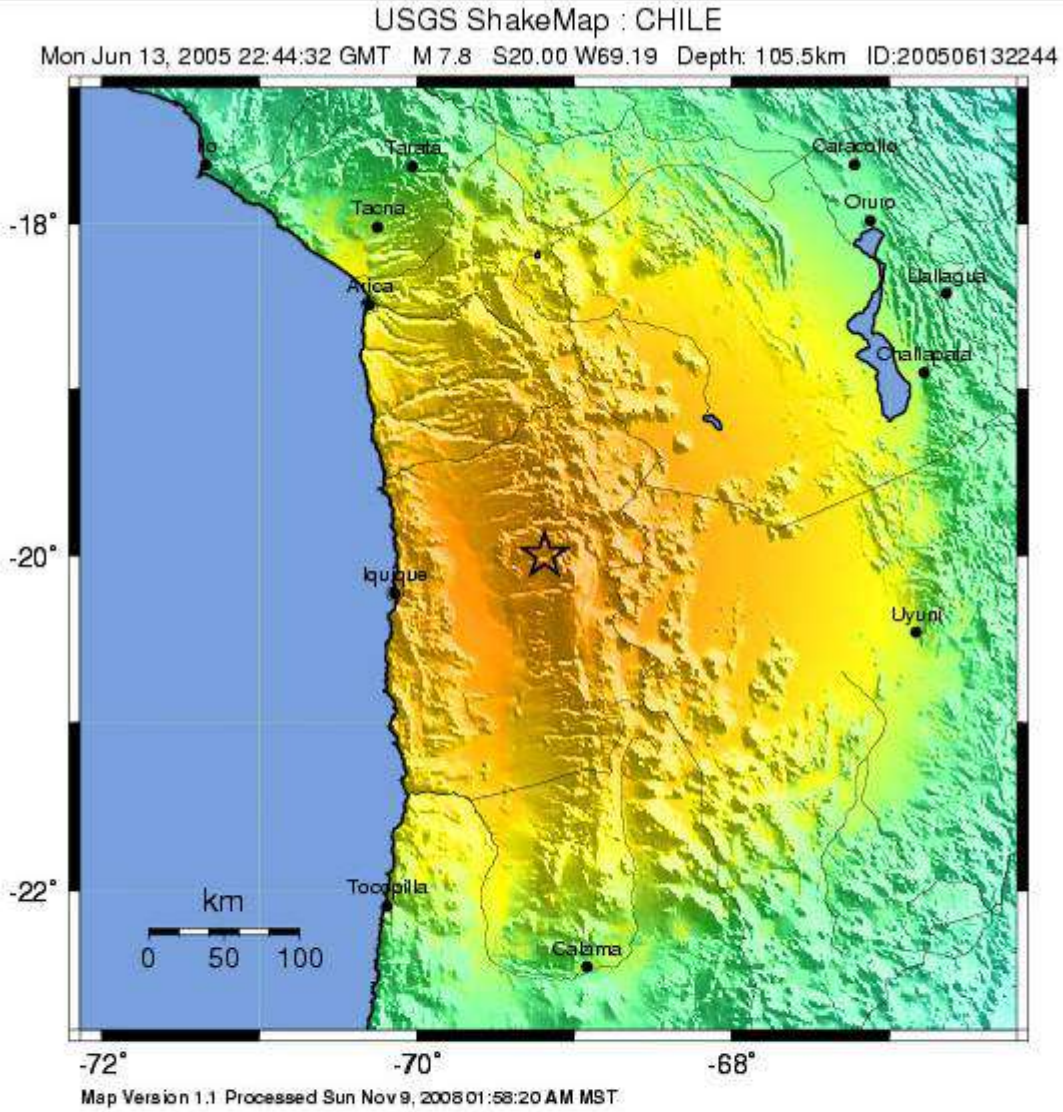
1. ANTECEDENTES SISMO

Este terremoto ocurrió el día 13 de Junio de 2005, a las 18:44 hora local. Tuvo una intensidad de 7,8 Mw (Magnitud de momento).

El sismo provocó el corte inmediato de servicios básicos, como el agua potable, energía eléctrica y momentáneamente el servicio telefónico.

Las zonas más afectadas fueron las comunas de la Provincia de Iquique: Camiña, Colchane, Huara, Pica, Alto Hospicio, Pozo Almonte y la ciudad de Iquique, más los poblados de Pisagua y Camarones. Los pueblos de Huara y San Lorenzo de Tarapacá resultaron prácticamente destruidos en su totalidad. Se estima que el 30% de las viviendas de los pueblos del interior sufrieron daños. Se registró un total de 1.012 damnificados, más de 20 heridos y 6 fallecidos.

Las características de aceleración de éste sismo explican los graves daños causados al caso presentado por Boroschek et al (2005, p.3) *En la vertical esta banda está centrada en los 0,1seg. La alta frecuencia de los registros explica las altas aceleraciones y relativos bajos desplazamientos. Este registro debido a estas características y a su fuerte componente vertical genera una alta demanda en estructuras rígidas y justifica parcialmente el daño en estructuras bajas de adobe o mampostería de piedra*. Este último fenómeno es reconocido en este caso y en el de tantas otras edificaciones de la región presentada en la figura 1.



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Figura 1. Imagen cartográfica de la zona afectada por el sismo con identificación de intensidad. Fuente: USGS. Estados Unidos de Norteamérica.

Según la norma chilena N.Ch. 433 de la Ordenanza general de urbanismo y construcciones de la Ley del mismo nombre, el territorio nacional se divide longitudinalmente en tres zonas de riesgo sísmico. Corresponde a la alta cordillera el numeral uno con menor riesgo relativo y el numeral tres a la zona costera con el mayor riesgo relativo.

La Iglesia de Mamiña se ubica en zona dos, aproximándose a zona uno. Sin embargo, a partir de la constatación de daños por efectos de sismos de otro origen que no es el costero y otras consideraciones , se está revisando la categorización anteriormente presentada.

2. MODELO DE GESTION

Inmediatamente producido el sismo, se constituyó una comisión interministerial y de gobierno local coordinada con el sector privado, con el objetivo de analizar las soluciones al desastre acaecido. Prioritariamente se plantearon soluciones a la infraestructura de comunicaciones y productiva dañada. El sector minero, especialmente la Cía. Minera Cerro Colorado se vieron afectadas en su producción de mineral.

En relación al daño patrimonial, se constituyó una comisión de expertos en restauración patrimonial, con importante interés y participación del Obispado católico de la zona de Tarapacá con sede en Iquique.

En el caso de ésta Iglesia, se operó mediante la iniciativa de la Compañía Minera Cerro Colorado, distante a poca distancia del pueblo de Mamiña.

El mecanismo escogido para financiar las obras fue la Ley de donaciones culturales con fines culturales (Ley N ° 18985 promulgada el 28-06-90), conocida como Ley Valdés, en referencia al Senador que tomó generó ésta iniciativa Sr. Gabriel Valdés Subercaseaux[1].

En este caso se operó con la Corporación del Patrimonio Cultural de Chile, la que desde el año 1995 viene desempeñando un importante rol en la conservación y restauración tanto del patrimonio material como inmaterial en Chile.

El desarrollo del proyecto se realizó a través de una oficina de arquitectura local radicada en la ciudad de Iquique, un profesional Arquitecto supervisor representante de la Cía. minera y un Arquitecto especialista en patrimonio representante de la Corporación.

3. UBICACION Y ACCESO

La localidad de Mamiña, se ubica en la precordillera andina del norte de Chile a una altura de 2.800 m.s.n.m.. Se accede desde la ciudad de Iquique por la ruta A-65 A-629. (Geo referencia: Lat -20,06 Long -69,22)

4. ANTECEDENTES HISTORICOS

El asentamiento prehispánico de Mamiña, en lengua Aymára significa “la niña de mis ojos“. Según la leyenda este nombre es atribuido a la cura de la vista de una hija de un inca, con las aguas medicinales termales presentes en el lugar.

Existen testimonios de asentamientos que datan del siglo XVI. Actualmente, el poblado parte de su actividad medicinal-termal, ofrece hospedaje a personal de la Cía. minera Cerro Colorado, especialmente en el área de subcontratistas.

5. ANTECEDENTES DEL EDIFICIO ECLESIAL

5.1. Antecedentes históricos

Esta Iglesia, consagrada a San Marcos, data del siglo XVIII con antecedentes de ocupación del siglo XVI. Se emplaza en el centro histórico del pueblo constituyendo un significativo hito

espacial del mismo. Aledaño a la fachada sur y muy probablemente bajo el edificio se emplaza un antiguo cementerio de la comunidad local.

Con una impronta barroca en su fachada y algunos detalles menores, esta iglesia representa un arquetipo característico del pre -altiplano andino. Sus dos torres, de madera elaborada prolijamente, su cubierta a dos aguas y el consistente volumen con gruesos muros, son sus principales características. Presenta una planta de crucero con una sala de sacristía adosada a su fachada norte y una bodega en la fachada sur. La superficie edificada aproximada es de 700 m^2.

Originalmente la Iglesia era de una sola nave central y posteriormente se agregaron ambos transeptos y sacristía. (Figuras 2 y 3).La altura total de la nave principal de la Iglesia es de 8,54 m. medidos desde nivel de piso interior a cumbrera. La altura de los muros de la misma nave es de 5,42 m. El espesor de muro es variable entre 78 cm y 92 cm. La altura de la bodega es 2,8 m.

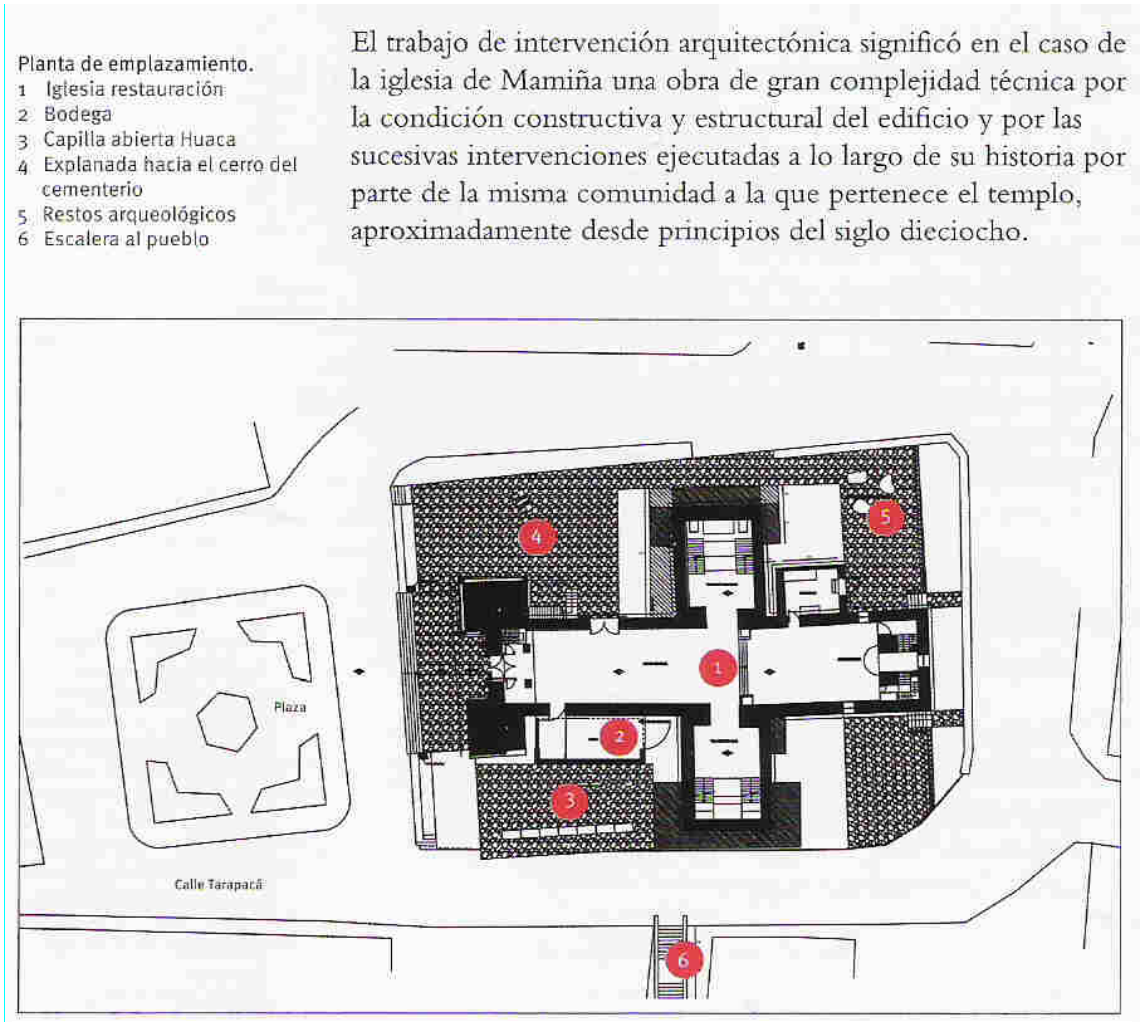


Figura 2. Planta general Iglesia S.M. de Mamiña, Tarapacá, Chile. Arquitecto René Mancilla C.

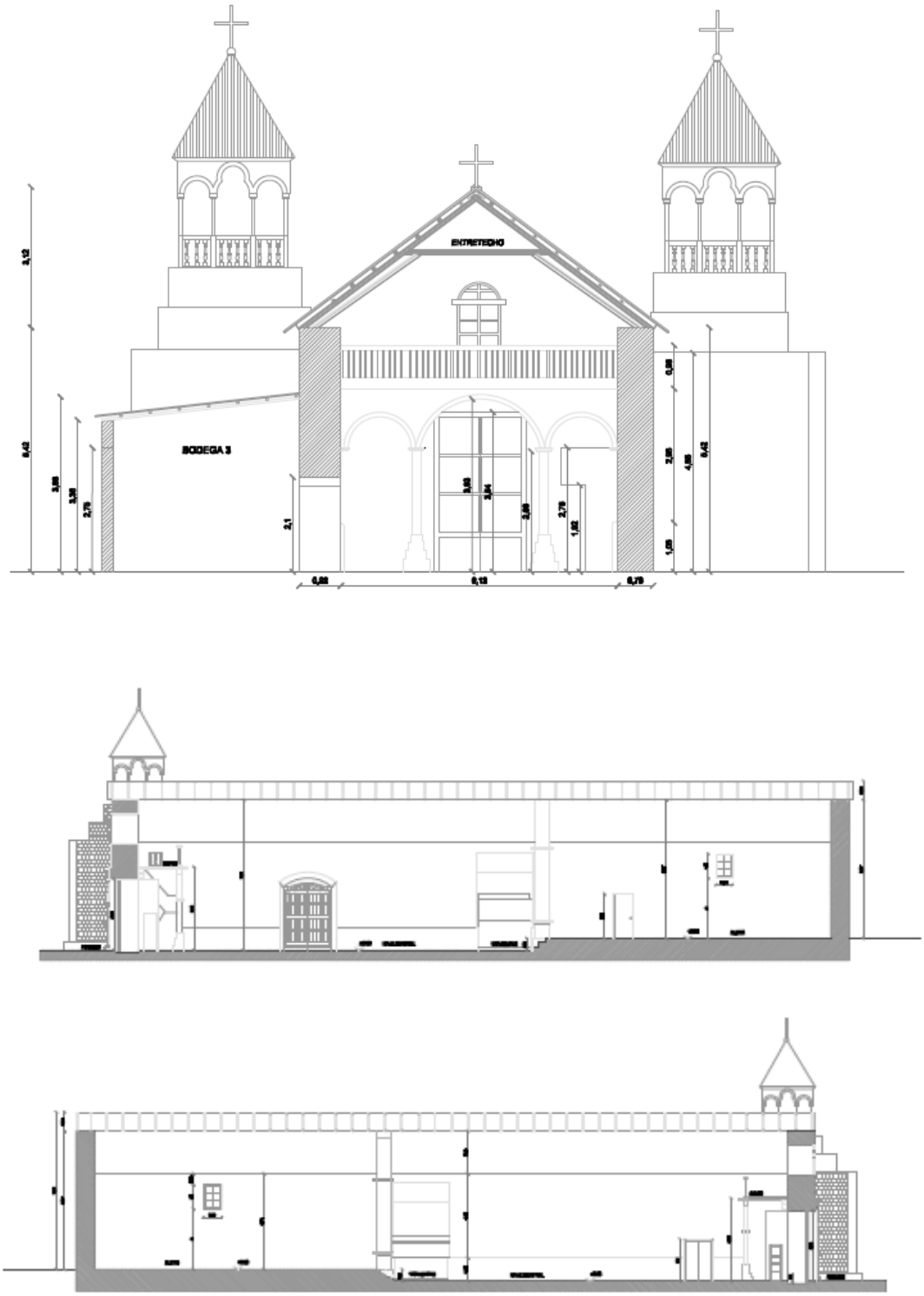


Figura 3. Corte transversal y longitudinales Iglesia S.M. de Mamiña, Tarapacá, Chile. Arquitecto René Mancilla C.

5.2. Antecedentes constructivos

El sistema constructivo original consiste en albañilería rústica de piedra con argamasa de pega de barro. Envigado de madera rústica y cubierta de plancha ondulada metálica. Revestimientos de piedras canteadas del lugar en base de torres y otros lugares. Tímpano fachada principal de albañilería de adobes. Torres de madera. Contrafuertes de albañilería rústica de piedra con argamasa de pega de barro adosados. La cimentación consiste en

grandes bloques de piedra rústica adheridos con argamasa de barro, cubierta de chapa metálica tipo hierro galvanizado importada. Por características de ésta se deduce que tiene una antigüedad considerable, ya que a mediados del siglo XX ya se producía éste material en Chile. El pavimento de piso interior es en base a baldos microvibrada de color y el exterior , correspondiente al atrio, es piedra labrada de borde irregular instalada tipo " capricho". Los muros interiores presentan revoques de barro afinado, con abundante presencia de pinturas murales. Exteriormente no hay presencia de revoques de barro. Sin embargo en la zona inferior de la torre norte, persisten vestigios de revoques de barro con cornisamientos horizontal del mismo material. Es probable que el revoque exterior se perdiera por fenómenos relacionados con el intemperismo y por efectos de las escasas y sin embargo copiosas lluvias correspondientes al período denominado "invierno altiplánico" (Enero-Febrero).

5.3. Registro de daños

Luego del sismo se observaron algunos agrietamientos menores en diferentes zonas de la edificación, especialmente en zonas de encuentros con otros materiales y niveles superiores de muros. No se observaron desaplomes. Se observaron desprendimiento de revoques parciales menores en algunas zonas del edificio.

Se presentaron daños de asentamientos en torre sur y desprendimientos parciales en masas de piedra, agrietamiento en arco superior de fachada poniente

En 1968, se sustituyó la cubierta original de tierra -paja por plancha metálica tipo hierro galvanizado importada acanalada y cielo raso de plancha de madera prefabricada (5 mm de espesor). En 1969-70 se enchapó con piedra el primer cuerpo con piedra canteada del lugar y pilares de hormigón armado. Originalmente estas bases eran de tierra con dos cornisas sobresalientes en tierra a una altura de 2,65 m.

5.4. Imaginería, mobiliario y pinturas murales

En la fachada interior de los muros sur, adjunto al altar se descubrió una imagen de la virgen del Rosario. En los restos de los muros interiores, se descubrieron figuras ornamentales florales en colores blanco, negro, rojo, azul, verde y ocre .Estas tiene una posición vertical y lo visible se ubica a una altura media entre 2 a 3 m. Estos vestigios dan cuenta que prácticamente todo el templo estaba decorado. Estos son recuperables a pesar del estado de deterioro y otorgaban una imagen contrapuesta a la monotonía del color amarillo actual.

En el nivel de coro, se ubicaba un órgano de madera. Este fue desarmado para su posterior restauración por especialistas. Una carroza fúnebre guardada en la bodega era de gran importancia funcional para la comunidad.

Colaboró en la restauración de la imaginería religiosa y obras de arte, el C.N.C.R., Centro Nacional de conservación y restauración, dependiente de la D.I.B.A.M., Dirección de Bibliotecas, archivos y museos del Ministerio de Educación de Chile.

5.5. Diagnóstico estructural

El efecto del sismo sobre la estructura portante del edificio fue moderado. Se presentaron agrietamientos parciales de tamaño menor con fisuras de hasta 5 cm. No hubo desprendimientos de partes o desvinculación de componentes estructurales.

Esta había sido muy intervenida, sabiamente por la misma comunidad local, agregando gruesos contrafuertes a las fachadas de forma de estabilizarla. Según opinión de los Ingenieros visitantes, estos cumplieron un importante trabajo de sujeción durante el evento sísmico.

Sin duda, la estructura vernácula del edificio no contaba con refuerzos estructurales que aseguraran su estabilidad ante futuros sismos.

6. PROYECTO DE RESTAURACION

El proyecto de restauración se generó a través de una interacción entre los arquitectos autores de proyectos, arquitectos supervisores de la Corporación del Patrimonio Cultural de Chile (CPC) de Chile y de la Compañía minera Cerro Colorado (CMCC) y la comunidad local[2]. Esta última condición fue una variable muy importante en la orientación de las intervenciones a realizar. Este proceso fue orientado e inducido por profesionales del área social contratados para estos efectos**.**

El proyecto consideró la recuperación del templo en sus aspectos constructivos y estructurales. La habilitación de una nueva bodega que respetara la proximidad del antiguo cementerio. Existían implementos tales como carroza funeraria, andas para las procesiones indumentaria sacerdotal necesaria para el ritual religioso al que había que crear un espacio.

Especial importancia se aplicó en la restauración y tratamiento de los espacios exteriores. Se buscó la solución adecuada para preservación de piedras para molienda de granos ubicadas en el patio nor-oriente.

6.1. Restitución de imagen original

La iglesia fue intervenida desmejorando su imagen prístina original. Lo anterior era muy notorio en la sustitución de la primitiva cubierta de paja y barro por cubierta de plancha metálica acanalada, la intervención con revestimientos de piedra canteada en los basamentos de las torres y la introducción de contrafuertes exteriores en la envolvente.

Debido a lo anterior se repuso la cubierta de barro con paja brava original del templo (Figura 4).

Figura 4. Reconstrucción de cubierta con barro y paja. Canes falsos de madera. Vista del nor-oriente

6.2. Anastilosis

Bajo este principio se aplicó el criterio de recuperar todo lo recuperable materialmente de la Iglesia original. Este factor fué decisivo en el entendido que las obras de recuperación y consolidación estructural fueron significativas en cuanto a volumen y alcance.

6.3. Proyecto estructural

Las obras de consolidación estructural fueron las más significativas, abordadas en el proyecto. Finalmente se generó una estructura portante que estabilizara el templo frente a futuras solicitaciones sísmicas. Fueron evaluadas diferentes soluciones de Ingeniería propuestas. Entre las que se rechazaron estuvo la de crear un grueso doble encamisado de acero, por el exterior y el interior, en partes de la fachada del edificio. Lo anterior porque atentaba contra el valor patrimonial implícito en dichos muros.

Luego de un cambio del equipo de Ingeniería estructural se optó por la solución siguiente[3]:

- Desarme de la cubierta original y colocación de cadena superior perimetral de amarre de hormigón armado con el propósito de generar un diafragma rígido a ese nivel
- Colocación de tijerales de acero estructural intercalados con envigado de madera original. (Figura 5)
- Consolidación con muro de hormigón armado de basamento de torre sur.
- Sustitución de tímpano principal del acceso construido en adobe (15 cm x 30 cm x 60 cm), por un doble tabique de técnica mixta tierra –madera. Lo anterior con el propósito de alivianar el peso del mismo, ya que con las frecuentes réplicas del sismo se pudo comprobar un descenso del arco de piedra de la puerta principal (Figura 6)
- Generación de una estructura interna de los contrafuertes exteriores mediante muros de hormigón armado perdidos en la albañilería de piedra. En este caso se sustituyó el mortero de pega en base a barro por un mortero de pega en base a suelo cemento, de forma de asegurar su estabilidad frente a la acción de las aguas lluvias. El clima presenta intensas lluvias durante los meses de Enero y Febrero.
- Consolidación de volumen de sacristía con refuerzos de hormigón armado revestidos en piedra
- Refuerzo de dinteles de madera.

Figura 5. Vista obra desde el Nor-oriente. Se aprecian estructuras metálicas de cubierta introducidas

Figura 6. Vista de obra gruesa en etapa final. Nuevo tímpano de técnica mixta tierra-madera.

7. DESARROLLO DE LAS OBRAS

La Corporación del Patrimonio Cultural de Chile (CPC) en coordinación con la Compañía minera Cerro Colorado (CMCC) desarrolló la obra en modalidad de licitación privada por invitación.

Además de la supervisión de los profesionales indicados anteriormente, el Obispado de Iquique encomendó al Arquitecto Marcos Loyola la tuición de las obras por parte de la Iglesia.

Varios hallazgos presentados durante el desarrollo de las obras, tales como restos humanos aledaños a fachada sur del templo, daños estructurales internos, no detectados en levantamientos, cambio de equipo de ingeniería, retraso en tomas de decisiones por procesos participativos de la comunidad local, proceso de licitación de las obras, condiciones de accesibilidad, lluvias producto del invierno altiplánico, ausencia de mano de obra calificada tales como elaboración de material tierra y paja para cubierta, entre otros, obligaron a una constante reprogramación de las obras y ajuste de la correspondiente carta Gantt de avance de obras. En la ejecución de la cubierta de barro y paja se contó con mano de obra de procedencia boliviana.

8. CONCLUSIONES

8.1. La falta de memoria histórica en cuanto a registro planimétrico, fotográfico y antecedentes del sitio en general retardaron el proceso de restauración.

8.2. La coordinación entre solución estructural y de arquitectura, fue decisiva en términos de retardar el proceso de restauración. La adopción de criterios plausibles de intervención dificultó la toma de decisiones acerca de la solución técnica a seguir y como consecuencia retardó los plazos de ejecución de obras.

8.3. La constructora a cargo de las obras tuvo algunas dificultades en la disponibilidad de mano de obra especializada local en materiales vernaculares, tales como la elaboración de adobe, cubierta de paja y revestimientos de bambú.

8.4. Si bien hubo una coordinación con el equipo profesional local, esta no fue lo necesariamente expedita, habida consideración de la complejidad técnica de la intervención.

8.5. Es una constante la falta de empresa especializadas en temas patrimoniales. Probablemente, la coyuntura del sismo contribuyó a que las pocas empresas disponibles tuvieran que abordar diferentes trabajos originados por el mismo.

8.6. Quedó pendiente la liberación de revestimientos añadidos en las fachadas en la década de 1970 y reconstitución del revestimiento original de tierra, de forma de contribuir a potenciar la imagen prístina del edificio.

8.7. Existe una falta de norma de éste tipo de edificación patrimonial. Actualmente se está elaborando la norma chilena NCh 3332 c. 2102 en el Instituto Nacional de Normalización.

Una norma que sería recomendable que se elaborara sería la correspondiente a éste tipo de edificación en base a albañilería de piedra sin refuerzos. Lo anterior, debido a que existe innumerables edificaciones patrimoniales de éste tipo en la región referida.

8.8. En consideración a las dificultades que se presentaron, el resultado final del trabajo fue de buena calidad y tuvo buena aceptación de parte de la comunidad.

8.9. Sería conveniente investigar acerca del comportamiento del barro como mortero de pega en el sistema constructivo de éste Iglesia. No existen investigaciones que pudieran informar acerca del apropiado uso y aplicación de éste mortero de pega. Esto es de la mayor importancia en el sentido de asegurar la estabilidad de éste tipo de construcciones, muy presentes en la zona prealtiplánica del país.

8.10. Se constata una permanente transformación del edificio por parte de la comunidad. El ejemplo paradigmático es el hallazgo de contrafuertes de albañilería de piedra sin refuerzos en prácticamente todas las fachadas y el tímpano de albañilería de adobe. Las bases de las torres fueron revisitadas de muros de piedra canteada reforzada con pilares y cadenas de hormigón armado. Esta intervención brutal, distorsionó el fino diseño original con friso horizontal y acabado de piedra revocada en barro. Esto podría hacer suponer que hasta toda la iglesia podría haber tenido otra fisonomía. No sabemos. Esta es una constante en otras edificaciones en la zona. Una investigación en éste sentido sería de gran utilidad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Boroschek, R.; Comte, D.; Soto, P.; León, R. (2005). *Informe registro estación Pica terremoto norte de Chile 13 de Junio de 2005 M= 7,9.* Departamento de Ingeniería civil, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile 20 Junio 2005, v 1.0.

Notas

[1] La donación se realiza vía descuento tributario, para empresas contribuyentes de primera categoría (De rentas de capital de empresas comerciales, industriales, mineras entre otras) con renta efectiva (No presunta) y contabilidad completa. Los beneficiarios de ésta Ley pueden ser Universidades, Institutos, Bibliotecas, Corporaciones y fundaciones sin fines de lucro, cuyo objeto sea la investigación, desarrollo y difusión de la cultura y el arte, organizaciones comunitarias, bibliotecas y museos estatales y monumentos nacionales estatales. No existe monto mínimo y el tope máximo equivale a 14.000 UTM (Unidades tributarias mensuales), monto equivalente a aprox. U$ 1.200.000.- (Febrero 2013)

[2] Autor de proyecto fue el Arquitecto René Mancilla C. y asesoría de Arqto. Jorge Atria L. en representación de la Corporación del Patrimonio cultural de Chile y del Arquitecto Hugo Pereira G., en representación de la Cía. Minera Cerro Colorado.

[3] Autor de proyecto estructural, Ing.civil U. de Chile Sr. Luis Acuña Monsalve. Registro Colegio de Ingenieros de Chile N ° 6656

Currículo

Hugo Pereira Gigogne Arquitecto, miembro de ICOMOS y Red Iberoamericana PROTERRA. Especialista de curso de postítulo en el área de la restauración patrimonial de la Universidad de Chile, docente de la Universidad Tecnológica Metropolitana, funcionario del Ministerio de vivienda y Urbanismo, Premio “Fermín Vivaceta” 2000 del Colegio de Arquitectos de Chile.

RESTAURACIÓN IGLESIA SANTA LUCÍA DE PARCA POST SISMO 13 JUNIO 2005, REGIÓN DE TARAPACÁ, CHILE

Hugo Pereira Gigogne

Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile
Avda. Dieciocho 390 Santiago de Chile
Tel. (562) 7877313
pgigogne@gmail.com

Palabras claves: Iglesia, Albañilería de piedra sin refuerzo, Arquitectura vernácula, Patrimonio en tierra, Modelo de refuerzo constructivo-estructural

Resumen

El 23 de Junio de 2005, un fuerte sismo azotó la zona norte de Chile dañando un importante patrimonio religioso. En particular iglesias pre-altiplánicas de indudable valor cultural y filiación estilística barroca, fruto de un sincretismo de influencias hispánicas y prehispánicas del área del siglo XVII.

A raíz de la magnitud de los daños y el amplio territorio abarcado, se creó un reconocido comité profesional especializado en patrimonio, interactuando coordinadamente con el gobierno y universidades locales, así como especialistas profesionales peruanos conocedores de la arquitectura vernácula dañada.

Este caso trata de una iglesia de pequeño tamaño que se ubica en un antiguo asentamiento prehispánico de origen aymara e inca. La gestión de restauración de esta Iglesia se enmarcó en un plan de reconstrucción con participación del sector público y privado mediante instrumentos legales de donaciones culturales. Los recursos financieros provinieron de una compañía minera aledaña al sitio patrimonial y coordinado a través de la Fundación Ayuda a la Iglesia que sufre (AIS). El difícil acceso a la obra, escasa documentación del inmueble, mano de obra, asesorías estructurales y empresas constructoras especializadas en patrimonio, retardaron e hicieron imposible cumplir con la programación temporal originalmente generada.

La Iglesia construida principalmente de albañilería de piedra, sin refuerzo y argamasa de barro, resistió razonablemente el embate sísmico. Especial importancia significó la recuperación de la fachada principal de piedra canteada. El reconocimiento restos humanos aledaños a fachada sur, obligó a establecer protocolos especiales de resguardo de los mismos.

Intervenciones inadecuadas como la sustitución de la cubierta original, introducción de elementos extraños, descubrimiento de vanos sellados, de muro de adobe revestido en piedra y otras situaciones, obligaron a los equipos profesionales, a proponer soluciones que restituyeran adecuada y razonadamente el valor cultural de este bien. Se resolvieron importantes modificaciones consolidando estructuralmente el inmueble.

Los criterios de restauración arquitectónica aplicados, fueron los que establecen las cartas internacionales y convenciones del patrimonio, con especial aplicación del criterio de anastilosis. Lo anterior con el propósito futuro de que ésta, así como otras Iglesias de la zona sean declaradas monumento nacional, proceso que actualmente está en marcha.

1.- ANTECEDENTES SISMO

Este terremoto ocurrió el día 13 de Junio de 2005, a las 18:44 hora local. Tuvo una intensidad de 7,8 Mw (Magnitud de momento).

El sismo provocó el corte inmediato de servicios básicos, como el agua potable, la energía eléctrica y momentáneamente el servicio telefónico.

Las zonas más afectadas fueron las comunas de la Provincia de Iquique: Camiña, Colchane, Huara, Pica, Alto Hospicio, Pozo Almonte y la ciudad de Iquique, más los poblados de Pisagua y Camarones. Los pueblos de Huara y San Lorenzo de Tarapacá resultaron

prácticamente destruidos en su totalidad. Cientos de monumentos nacionales se derrumbaron. Se estima que el 30% de las viviendas de los pueblos del interior sufrieron daños. Se registró un total de 1.012 damnificados, más de 20 heridos y 6 fallecidos.

Las características de aceleración de éste sismo explican los graves daños causados al caso presentado por Boroschek et al (2005, p.3) *En la vertical esta banda está centrada en los 0,1seg. La alta frecuencia de los registros explica las altas aceleraciones y relativos bajos desplazamientos. Este registro debido a estas características y a su fuerte componente vertical genera una alta demanda en estructuras rígidas y justifica parcialmente el daño en estructuras bajas de adobe o mampostería de piedra*. Este último fenómeno es reconocido en este caso y en el de tantas otras edificaciones de la región presentada en la figura 1.

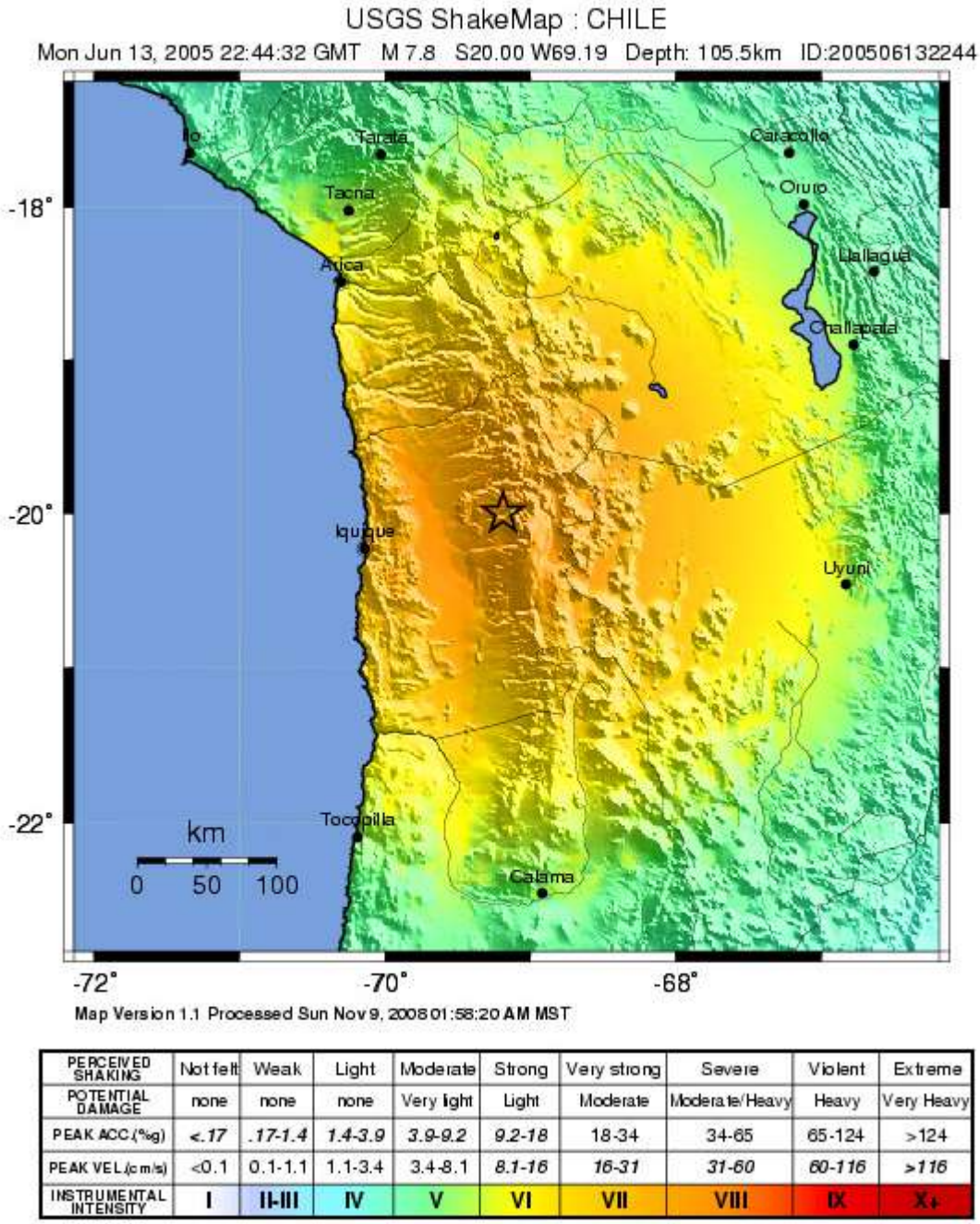


Figura 1. Imagen cartográfica de la zona afectada por el sismo con identificación de intensidad. Fuente: USGS. Estados Unidos de Norteamérica.

Según la norma chilena N.Ch. 433 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones de la Ley del mismo nombre, el territorio nacional se divide

longitudinalmente en tres zonas de riesgo sísmico. Corresponde a la alta cordillera el numeral uno con menor riesgo relativo y el numeral tres a la zona costera con el mayor riesgo relativo.

La Iglesia de Parca se ubica en zona dos, aproximándose a zona uno. Sin embargo, a partir de la constatación de daños por efectos de sismos de otro origen que no es el costero y otras consideraciones, se está revisando la categorización anteriormente presentada.

2.- MODELO DE GESTIÓN

Inmediatamente producido el sismo, se constituyó una comisión interministerial y de gobierno local coordinada con el sector privado, con el objetivo de analizar las soluciones al desastre acaecido. Prioritariamente se plantearon soluciones a la infraestructura de comunicaciones y productiva dañada. El sector minero, especialmente la Cía. Minera Cerro Colorado se vieron afectadas en su producción de mineral.

En relación al daño patrimonial, se constituyó una comisión de expertos en restauración patrimonial, con importante interés y participación del Obispado católico de la zona de Tarapacá con sede en Iquique. En el caso de esta Iglesia, se operó mediante la iniciativa de la Compañía Minera Cerro Colorado, distante a poca distancia del poblado de Parca.

El mecanismo escogido para financiar las obras fue la Ley de donaciones culturales con fines culturales (Ley N° 18985 promulgada el 28-06-90), conocida como Ley Valdés, en referencia al Senador que generó ésta iniciativa, Sr. Gabriel Valdés Subercaseaux[1].

En este caso se operó con la Corporación AIS (Ayuda a la Iglesia que sufre)[2]. El desarrollo del proyecto se realizó a través de especialistas que aportó la corporación anteriormente señalada y un profesional Arquitecto supervisor representante de la CMCC, Compañía Minera Cerro Colorado del consorcio internacional BHP-BILLITON (Broken Hill Properties y Billiton). Colaboró en la restauración de la imaginería religiosa y obras de arte, el CNCR, Centro Nacional de Conservación y Restauración, dependiente de la DIBAM, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos del Ministerio de Educación de Chile.

3.- UBICACIÓN Y ACCESO

La localidad de Parca, se ubica en la pre cordillera andina del norte de Chile a una altura de 2.363 m.s.n.m. Se accede desde la ciudad de Iquique por la ruta A-65 A-639 (Geo referencia: Lat -20,01 Long -69,20)

4.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El asentamiento prehispánico de Parca consistente en un decena de familias de origen aymara, se han especializado en la elaboración de un licor en base a membrillo denominado “Mistela” (del Lat. Gustavia forteri). Se inscribe entre las localidades que históricamente tuvieron una importancia en la actividad de tipo agrícola en los valles transversales característicos de la zona.

En la zona pre-altiplánica del norte de Chile, existen numerosos ejemplos de templos de ésta tipología. Se trata de edificaciones de estructuras de albañilería de piedra rústica adherida con barro, sin refuerzos estructurales. Próximo a la zona se encuentra la Iglesia de Iquiuca, la cual también fue intervenida en éste proceso de reconstrucción con modelo de gestión similar y la participación de las mismas instituciones, equipo profesional y constructora que intervinieron en el caso presentado. Por citar algunas, se suman a la anterior las Iglesias de San Marcos de Mamiña, Quipisca, Macaya, San Lorenzo de Tarapacá y Limaxiña entre otras.

El Obispado católico de Iquique, estimó en cerca de ochenta los templos de ésta naturaleza dañados luego del sismo, impidiendo el desarrollo de un normal servicio religioso en los mismos por motivos de seguridad.

Hasta fines del siglo pasado, los territorios al norte del trópico de capricornio, paralelos 22-24), pertenecían al Perú. A raíz del triunfo de Chile en la guerra del Pacífico (1879), los territorios antes mencionados, hasta aprox. el paralelo 19, se incorporan al territorio nacional, situación que se mantiene hasta la fecha (Pereira, 1998, p. 213). Lo anterior explica en parte, la escasa documentación existente en relación a éste patrimonio, su origen, transformaciones y alteraciones en el tiempo. Luego del conflicto bélico se desarrollara en la zona una fuerte actividad económica extractiva fundamentalmente minera. Lo anterior especialmente se relaciona con la actividad minera del cobre y de la mina Cerro Colorado, entre otras tales como Quebrada Blanca. Otro importante yacimiento minero prehispánico de explotación Inca, la compañía que ha colaborado en la conservación del patrimonio y restauración arquitectónica es la mina de cobre Doña Inés de Collahuasi (de antecedentes de explotación incaico, fue conocido en el período colonial como Mineral de Pereira). Esta aportó en este mismo proceso de reconstrucción post-sismo 13-06-05 con la restauración de la Iglesia de Matilla, Comuna de Pica, ubicada al sur de la Comuna de Pozo Almonte donde se ubica la Iglesia de Parca. En este caso se utilizó el mismo modelo de gestión con la intervención de la Corporación del Patrimonio Cultural del Chile. Afortunadamente, en éste caso se contó con los antecedentes aportados por el profesor de la Universidad Arturo Prat de Iquique, Sr. Patricio Advis.

La formación de centros de estudios nacionales superiores fue muy tardía, próximo a mediados del siglo XX, por las razones históricas anteriormente expuestas. Esto explica también en segundo lugar, las escasas investigaciones científicas en torno a ésta tipología arquitectónica.

La tercera razón por la cual se cuenta con poca información de estos edificios es la difícil accesibilidad por la topografía y peligrosidad del tránsito de vehículos. Se trata de vías de tierra sin estabilizar con altos riesgos de derrumbes.

La institución pública que si comenzó a intervenir en la zona fue en su momento, la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP). Fue destacable en éste sentido la labor de registro e intervención del especialista de esa dirección, Sr. Roberto Montandón Paillard y equipo profesional a partir de 1949. El Sr. Montandón también ejerció docencia en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, especialmente enfocado en seminarios de Historia de la Arquitectura y con el Consejo de Monumentos Nacionales.

5.- ANTECEDENTES DEL EDIFICIO ECLESIAL

5.1. Antecedentes históricos

Esta Iglesia, consagrada a Santa Lucía, data de fines del siglo XVIII. Se emplaza en una explanada en el centro histórico del pueblo constituyendo un significativo hito espacial del mismo. Aledaño a la fachada sur y muy probablemente bajo el edificio se emplaza un antiguo cementerio de la comunidad local.

Con una impronta barroca en su fachada y algunos detalles simbólicos de origen aymara, esta iglesia representa un arquetipo característico del pre - altiplano andino con un fuerte sincretismo del componente cultural local y el de origen hispánico. Sus dos torres sólidas, cubierta a dos aguas y consistente volumen con gruesos muros, son sus principales características. Presenta una planta de una nave con una sala de sacristía adosada a su fachada norte y una bodega en la fachada sur. La superficie edificada corresponde a un volumen de aproximadamente 7 m x 21 m equivalente a una superficie de 147 m^2 (figura 2). La altura medida desde nivel de piso interior a cumbrera equivale a 6,25 m.

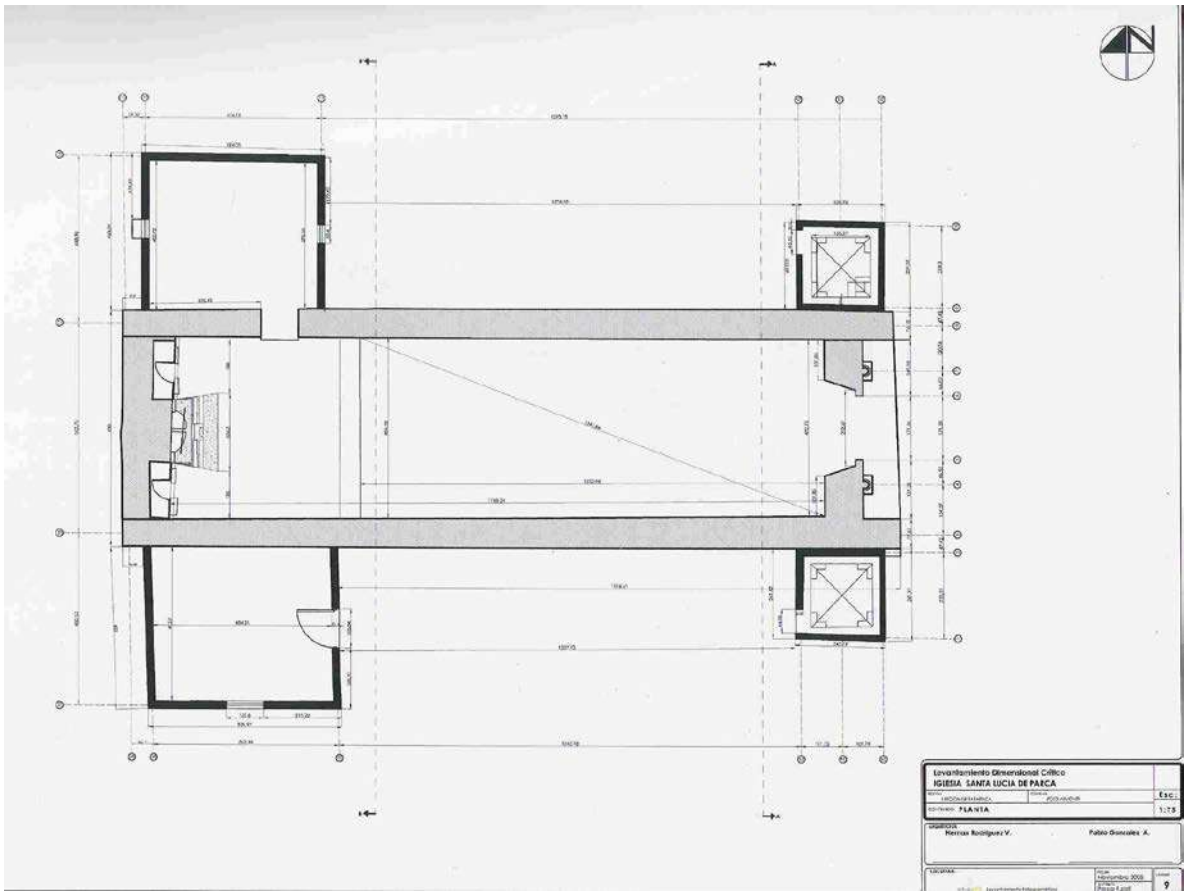


Figura 2. Planta de levantamiento de arquitectura. Arquitectos H. Rodríguez y P. González, 2005

5.2. Antecedentes constructivos

El sistema constructivo consiste en albañilería rústica de piedra de canto rodado con argamasa de pega de barro. Envigado de madera rústica sistema par y nudillo y cubierta de plancha ondulada metálica. Pavimento interior de piedra rústica. En la zona posterior del ábside y muros exteriores se construyeron contrafuertes adosados y refuerzos de albañilería de piedra rústica de piedra de canto rodado con argamasa de barro. Presenta dos torres laterales de hormigón armado revestido en piedra, de ejecución más tardía. Según testimonios de lugareños, estas cambiaron de posición en varias ocasiones. Según lo expresado en punto cuarto existe muy poca evidencia documental acerca de las motivaciones de estos cambios. La metodología de trabajo consideraba la participación de la escasa comunidad remanente en el lugar, producto de un intenso proceso de emigración, con el propósito de orientar el proceso de reconstrucción. Sin embargo se obtuvo poco o nada de información e incluso en varias ocasiones surgían informaciones contradictorias. El espesor medio de los muros es de 0,80 m. En algún momento se sustituyó la cubierta de barro y paja por cubierta de chapa metálica acanalada. Los muros no presentaban revoques de ningún tipo por el exterior. Sin embargo no es descartable la hipótesis que en algún momento hubieron estado revestidos en barro, debido a que en otras iglesias similares próximas a ésta, como es el caso de San Marcos Mamiña, estos sí se presentaban.

5.3. Registro de daños y situación estructural

> *Los muros resisten sólo por gravedad, es decir su estabilidad sólo es posible en la medida que su propio peso es mayor que el efecto volcante que adquiere esa masa bajo el efecto de la aceleración sísmica (...) los muros laterales se encuentran desaplomados hacia el exterior y fisurados longitudinalmente en todo su largo tanto a una altura aproximada de un metro respecto del piso terminado como próximo al encuentro del muro con el plano inclinado de la techumbre, coincidiendo con la altura que alcanzan los amontonamientos de piedra descritos precedentemente* (González; Rodríguez, 2005, p. 1-2).

Luego del sismo se observaron daños severos en el arco superior principal en fachada de acceso. Se observaron desprendimientos de revoques parciales en la zona superior de la fachada principal (figura 3).

Figura 3. Fachada principal. Oficio religioso exterior oficiado por el Obispo de Iquique Ms. Marcos Ordenes, 2005

5.4. Imaginería, mobiliario y otros

Se destacan el altar de madera policromada así como varias imágenes religiosas y de culto de gran valor patrimonial. Estas piezas fueron retiradas de la Iglesia y posteriormente, algunas de ellas fueron restauradas con asistencia del CNCR, Centro Nacional de Conservación y Restauración, dependiente de la DIBAM, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos del Ministerio de Educación de Chile.

En la fachada sur se encontraban dispuestas un par de enormes piedras de volumen ovoidal con varias horadaciones menores en su cara superior. La explicación que la comunidad entregó fue que se trataba de utensilios empleadas para la molienda de granos. En la misma fachada de encontraron restos humanos. Lo anterior es una situación típica de estos edificios en tener la doble función de oficio religioso y cementerio.

5.5. Situación estructural

El sismo produjo daños de separación de piezas de piedra labrada correspondientes al arco de acceso. Si bien se presentaron agrietamientos en la fachada sur sin caída de material, las condiciones en que quedó la estructura fue de riesgo de colapso total, sin presentarse desprendimientos de partes o desvinculación evidente de componentes estructuras.

El edificio no contaba con refuerzos estructurales que aseguraran su estabilidad ante futuros sismos. Probablemente la comunidad en un proceso auto-constructor indocumentado instaló montículos de piedra en el ábside de la Iglesia para asegurar su estabilidad. Es así como el equipo asesor de la AIS optó por generar una estructura portante o esqueleto interno respetando el valor patrimonial presente en su fisonomía y terminaciones exteriores.

Los desprendimientos de material de piedra observados en contrafuertes exteriores adyacentes, indican que estos contribuyeron a estabilizar estructuralmente el templo. Sin embargo significaron una desestabilización completa frente a la ocurrencia de futuros sismos o réplicas.

> *En el caso de Parca……resulta evidente el daño a nivel de fachada, los muros laterales se encuentran desaplomados hacia el exterior y figurados longitudinalmente en todo su largo tanto a una altura aproximada de un metro respecto del piso terminado como próximo al encuentro del muro con el plano inclinado de la techumbre, coincidiendo con la altura que alcanzan los amontonamientos de piedra descrito anteriormente* (González; Rodríguez, 2005, p. 2).

6.- PROYECTO DE RESTAURACIÓN

El proyecto de restauración se generó a través de un trabajo en equipo de los arquitectos de la AIS, Sres. Hernán Rodríguez V. y Pablo González A. y la comunidad local. Esta última condición fue una componente muy importante en la orientación de las intervenciones a realizar. Este proceso fue orientado e inducido por profesionales del área social contratados para estos efectos.

El proyecto consideró prioritariamente la recuperación del templo en su aspecto estructural portante, asegurando la estabilidad y la vida de los fieles. Para ello se reemplazó el mortero de pega de barro por uno de mortero convencional de cemento y arena que asegure la ligazón entre las piedras. Este trascendental aspecto constructivo es discutible. Otros especialistas consideran que ésta solución no aseguraría la adherencia de las piedras rústicas al alma interior de hormigón armado. Esta otra corriente ingenieril, sostiene que el material barro adecuadamente seleccionado, dosificado y estabilizado permite asegurar mejor la adherencia de ambos componentes ya que presenta una mayor flexibilidad en el evento sísmico. Más aún, esta corriente afirma que para asegurar las piedras exteriores al muro interior, se requerirían canastillos metálicos solidarios con la estructura vertical del nuevo muro interior. El criterio de los Arquitectos de AIS, autores del proyecto, fue el de que las intervenciones fueran identificadas y reconocidas como tales, sin pretender producir un “falso histórico”.

En el mundo del patrimonio artístico o cultural, se entiende por “falso histórico” a aquellas intervenciones que son el resultado de reconstrucción idéntica de una obra, utilizando los mismos materiales que se utilizaron originalmente, las mismas técnicas constructivas, produciendo confusión entre los investigadores, especialistas y público en general acerca de las piezas originales y las añadidas o restauradas.

Se descubrió un muro de adobe en la fachada sur inmerso en la albañilería de piedra. Esta presencia fue paradojal ya que éste sistema constructivo es ausente en esta micro-zona (Figura 4). Sin embargo, hay ejemplos muy próximos de iglesias de adobe tradicional, como el mayor templo de la zona de la región, como es San Lorenzo de Tarapacá. En el dintel principal de la fachada de la Iglesia de San Marcos de Mamiña, muy cercana físicamente a ésta Iglesia, se encontró un importante muro de albañilería de adobe de 60 cm de espesor. ¿Podría ser que estas Iglesias tuvieran originalmente estructuras de adobe, las que por deteriorarse ante los efectos de los sismos y de las aguas lluvias del invierno altiplánico hubiera obligado a protegerlas con piedra? Este sería un interesante aspecto a investigar.

Figura 4. Muro de albañilería de adobe, fachada sur, 2005

En esta misma fachada se descubrió durante el proceso de avance de las obras de restauración, dos vanos en forma de arco que conectaban a pequeños recintos adyacentes a la fachada sur. Así mismo se descubrieron en el área inmediatamente exterior de este sector, osamentas humanas, las que hicieron suponer la existencia de un cementerio de la comunidad local. Estas fueron analizadas y evaluadas según los correspondientes protocolos del consejo de monumentos nacionales de Chile.

Se buscó la solución adecuada para preservación de piedras para molienda de granos ubicadas en el patio sur-oriente. Estas guardaban un gran significado para la comunidad.

6.1. Restitución de imagen original

La iglesia fue intervenida con anterioridad al sismo desmejorando su imagen prístina original. Lo anterior era muy notorio en la sustitución de la primitiva cubierta de paja y barro por cubierta de plancha metálica acanalada, la intervención con revestimientos de piedra canteada en los basamentos de las torres y la introducción de contrafuertes exteriores en la envolvente.

Debido a lo anterior, se repuso la cubierta de barro con paja brava sobre una capa de barro y bajo ella una cubierta metálica que impidiera la infiltración de aguas lluvias (figura 5).

6.2. Anastilosis

Bajo este principio se aplicó el criterio de recuperar todo lo recuperable materialmente de la Iglesia original. Este factor fue decisivo en el entendido que las obras de recuperación y consolidación estructural fueron significativas en cuanto a volumen y alcance.

Figura 5. Fachada principal luego de la restauración-reconstrucción, 2006

6.3. Proyecto estructural

Finalmente se generó una estructura portante que asegure la estabilidad del templo frente a futuras solicitaciones sísmicas.

> *la propuesta de intervención estructural se apoya en los siguientes conceptos: recuperar la mayor cantidad posible de material para reconstruir; utilizar el saber hacer local para rearmar los muros de doble hilada, convirtiendo -mediante el uso de un mortero de cemento y arena- el amontonamiento de piedras asentadas en barro en muros de mampostería de piedra; y finalmente reemplazar la argamasa de barro y piedra con que se rellenaba el espacio interior entre las dos hiladas de piedra que conformaban el muro original por un alma de hormigón armado, solidaria con la doble hilada de piedra, que se levantará primero y servirá de moldaje al alma descrita* (González; Rodríguez, 2005, p. 2).

Las principales acciones realizadas de acuerdo a la anterior explicación fueron las siguientes :

- Desarme con registro detallado del arco frontal de piedra labrada y del altar de madera policromada.
- Desarme casi total de los muros dañados del edificio, con excepción del muro de adobe de la fachada sur se consolidó con una estructura de hormigón armado en base a pilares, cadenas y vigas de éste material según se aprecia en la Figura 4.
- Abertura de vanos descubiertos en la fachada sur de adobe (figura 4).
- Ejecución de un muro interior o “alma” de hormigón armado, utilizando las piedras originales como encofrado.
- Demolición de torre norte. En reuniones participativas con la comunidad local, surgió que en realidad originalmente la iglesia tenía solo la torre sur. Lo anterior se comprobó examinando la antigüedad de las cimentaciones. La torre norte se habría construido

imitando un proceso similar, realizado en la Iglesia de San Marcos de Mamiña, de mayor relevancia e importancia, muy próxima a este en la década de los setenta. Por lo anterior los arquitectos proyectistas consideraron adecuado recuperar la fisonomía que la comunidad valoraba y se mantuvo la torre sur (figura 6).

Figura 6. Foto fachada principal Iglesia de Parca (sin fecha precisa, se estima de fines del s. XIX o inicios del s. XX). Aporte de Sra. Christianne Raczinsky de V. de AIS

7.- DESARROLLO DE LAS OBRAS

Ayuda a la iglesia que sufre, desarrolló la obra en modalidad de ejecución directa, coordinando la provisión de fondos con la Compañía minera Cerro Colorado. Especial importancia cobró la contratación de personal de obra local. Lo anterior fue decisivo en cuanto al equipo operador que desmantelaría la fachada y la repondría en perfecto orden y calidad.

Además de la supervisión de los profesionales indicados anteriormente, el Obispado de Iquique encomendó al Arquitecto Marcos Loyola la tuición de las obras por parte de la Iglesia.

Varios hallazgos presentados durante el desarrollo de las obras, tales como las habitaciones laterales de la fachada sur, restos humanos aledaños al templo, muro interior de adobe en fachada sur, entre otros, obligaron a una constante reprogramación de las obras y ajuste de la correspondiente carta Gantt de avance de obras. Lo anterior confirma, que el modelo de ejecución directa sin licitación, fue el correcto ya que de este modo no se presentaron problemas contractuales con terceros.

8.- CONCLUSIONES

8.1. La falta de memoria histórica en cuanto a registro planimétrico, fotográfico y antecedentes del sitio en general retardaron el inicio del proceso de restauración y crearon un grado de incerteza en el proceso proyectual.

8.2. Existe una falta de norma de este tipo de edificación patrimonial. Actualmente se está elaborando la norma chilena NCh 3332 c.2012 en el Instituto Nacional de Normalización relativa a cálculo estructural de edificaciones en tierra.

Otra norma que sería recomendable que se elaborara sería la correspondiente a este tipo de edificación en base a albañilería de piedra sin refuerzos. Lo anterior, debido a que existen innumerables edificaciones patrimoniales de éste tipo en la región señalada.

8.3. Sería conveniente investigar acerca del comportamiento del barro como mortero de pega en el sistema constructivo de este Iglesia. No existen investigaciones que pudieran informar acerca del apropiado uso y aplicación de éste mortero de pega. Esto es de la mayor importancia en el sentido de asegurar la estabilidad de este tipo de construcciones, muy presentes en la zona prealtiplánica del país.

8.4. Se constata una permanente transformación del edificio por parte de la comunidad. El ejemplo paradigmático es el hallazgo de un extenso muro de albañilería de adobe, embebido en el muro de albañilería de piedra sin refuerzos. Esto podría hacer suponer que hasta toda la iglesia podría haber sido edificada en adobe. No se sabe. Esta es una constante en otras edificaciones en la zona. Una investigación en éste sentido sería de gran utilidad.

8.5. En consideración a las dificultades que se presentaron, el resultado final del trabajo fue de buena calidad y tuvo buena aceptación de parte de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boroschek, R.; Comte, D.; Soto, P.; León, R. (2005). *Informe registro estación Pica terremoto norte de Chile 13 de Junio de 2005 M= 7,9.* Departamento de Ingeniería civil, Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile 20 Junio 2005, v 1.0.

Gonzalez, P; Rodríguez, H. (2005). *Informe análisis de daños, condición estructural y propuesta de intervención arquitectónica Iglesia Santa Lucía de Parca y Santa Bárbara de Iquiuca,* Fundación A.I.S. Ayuda a la Iglesia que sufre a Mr. Kevin O 'Kane, Vice- Pdte. Ejecutivo Compañía Minera Cerro Colorado. Publ. interna.

Pereira, H. (1998). Arquitectura en tierra del norte de Chile. En: Arquitectura de tierra, Encuentros Internacionales Centro de Investigación Navapalos. VIII Encuentro Internacional de Trabajo, Navapalos, 1992, Edit. Centro de publicaciones Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento, España. pp 213-219.

Notas

[1] La donación se realiza vía descuento tributario, para empresas contribuyentes de primera categoría (De rentas de capital de empresas comerciales, industriales, mineras entre otras) con renta efectiva (No presunta) y contabilidad completa. Los beneficiarios de ésta Ley pueden ser Universidades, Institutos, Bibliotecas, Corporaciones y fundaciones sin fines de lucro, cuyo objeto sea la investigación, desarrollo y difusión de la cultura y el arte, organizaciones comunitarias, bibliotecas y museos estatales y monumentos nacionales estatales. No existe monto mínimo y el tope máximo equivale a 14.000 UTM (Unidades tributarias mensuales), monto equivalente a aprox. U$ 1.200.000.- (Febrero 2013)

[2] Fundación de derecho pontificio con sede en el Vaticano, presente en diecisiete países. Fundada en 1947 por el r.p Werenfried van Straaten, comienza a trabajar en Latinoamerica en 1962 y en Chile desde 1997.

Currículo

Hugo Pereira Gigogne, Arquitecto, miembro de ICOMOS y Red Iberoamericana PROTERRA. Especialista de curso de postítulo en el área de la restauración patrimonial de la Universidad de Chile, docente Universidad Tecnológica Metropolitana, analista SERVIU RM-MINVU, Premio "Fermín Vivaceta" 2000,Colegio de Arquitectos de Chile.

CRITERIOS DE INTERVENCIÓN, REFLEXIONES EN UN CONTEXTO DE RECONSTRUCCIÓN

Gunther Suhrcke Caballero

Departamento de Patrimonio, Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obra Públicas, Chile.
gunther.suhrcke@mop.gov.cl

Palabras claves: reconstrucción, restauración, criterios, autenticidad.

Resumen

La presente ponencia tiene por objetivo, generar una reflexión relativa al ámbito del pensar y hacer restauración arquitectónica en un contexto de reconstrucción, donde los criterios de intervención han sido interpelados por la relevancia de aspectos relativos a la consolidación estructural, mejoras constructivas y en muchos casos también, al cambio de uso o destino original.

Al enfrentarse a estos paradigmas, es ineludible dejar de pensar en el impacto provocado no sólo por las decisiones que se toman en las intervenciones de restauración arquitectónica, sino también en la relevancia que cobra bajo las circunstancias traumáticas de una catástrofe, la relación hombre-lugar en cuanto al habitante respecto de su identidad y al rol que le compete a la institucionalidad y al estado.

Es así como al enfrentarse ante una catástrofe natural, como lo fue el terremoto de febrero de 2010, el cual obligó a tomar determinaciones rápidas y no siempre asertivas, que llevaron a considerar soluciones que iban desde la restauración parcial en algunos casos, la consolidación estructural en otros, la reconstrucción total de un inmueble o simplemente su demolición, implica realizar actos de responsabilidad y ética profesional, cuestionando y discutiendo sobre el actuar en restauración arquitectónica.

Por lo tanto y mediante el análisis crítico y conceptual, se pretende contribuir al debate informado de la restauración en patrimonio y poner en palestra una serie de reflexiones y sugerencias, inspiradas por la observación y la experiencia.

1.- MARCO CONCEPTUAL

> *El hombre moderno ha creído por un largo período de tiempo que la ciencia y la tecnología lo habían liberado de su directa dependencia hacia los lugares. Esta creencia era sólo una ilusión; pues la polución y el caos del medio ambiente aparecieron de repente como un castigo, obligándolo a reconsiderar el problema del Lugar con su verdadera importancia. Hoy comenzamos a darnos cuenta que la verdadera libertad presupone pertenencia, y que «habitar» significa pertenecer a un lugar concreto* (Norberg-Schulz, 1980, s/p).

Reconocer este valor nos actualiza, restituye la relación hombre lugar en la dirección correcta del habitante respecto de su identidad, recorrer por tanto la historia a la que pertenece no a manera de reseña, si no argumentada de manera viva, entendida como sucesión de hechos razonables en evolución permanente, comprender desde el yo presente la esencia del lugar, del espíritu que vive, su Genius Loci. Este espíritu da vida a la gente y a los lugares, los acompaña desde el nacimiento hasta la muerte y determina su carácter o esencia.

> *El concepto de Genius Loci heredado de la cultura romana hace referencia al espíritu protector de un lugar. Actualmente se lo entiende más como la atmósfera de un lugar (...) Es también la propuesta de relacionar arquitectura y urbanismo con la historia de un lugar, una forma de contextualismo. En el pasado, la sobrevivencia dependía de una buena relación con el medio ambiente, tanto en forma física como psicológica* (Norberg-Schulz, 1980, s/p).

En las sociedades primitivas se encontró que aún, los más pequeños detalles del ambiente eran conocidos y tenían significado; permitiendo el que su estructura espacial pudiera complejizarse cada vez más.

> *Para Heidegger la identidad humana presupone la identidad del lugar. Identificación y orientación son aspectos primarios del hombre estando en el mundo. Mientras la identificación es la base para el sentido humano de pertenencia, la orientación es la función que permite que sea aquel «homo viator», lo cual es parte de su naturaleza. Para ganar una fundamentación existencial, el hombre debe poder orientarse él mismo y debe saber dónde está. Pero además, debe identificarse él mismo con el medio, esto es, debe conocer cómo él es en un cierto lugar* (Norberg-Schulz, 1980, s/p).

Según Norberg Schulz la palabra "habitar" indica la relación total entre el hombre y el lugar, el hombre "habita" cuando está simultáneamente localizado en un espacio y expuesto a un cierto carácter del ambiente. Esto último habla de la importancia de entender la vocación de un lugar como el mensaje que transmite y la voluntad entendida como el deber hacer.

> *En lo referente a arquitectura entonces, todo lo construido habita ya en el espacio figurado de la historia, pero también lo imaginado y lo pretendido. Sólo lo totalmente desconocido, aquello de lo que ni siquiera tenemos noticias, carece de sustancia histórica".* (De Gracia, 1992, s/p.)

2.- ANALISIS

2.1 El compromiso de la arquitectura en patrimonio

No existe mayor o menor complejidad de contextos para ejercer en lo ético la puesta en valor de un patrimonio lugar. El trabajo restaurador en nuestras ciudades y paisajes indoamericanos, si bien disponen de una historia muchas veces menos advertida respecto de otras civilizaciones más estudiadas, es precisamente allí en esa fragmentación de su tejido genealógico donde se hace preciso profundizar, re-unir la memoria y los hechos, sensibilizarse y entender las entelequias sincréticas para extraer la información coherente, hilvanada, que nos hable y nos permita intervenir con causalidad objetiva lo que tantas veces como civilidad permeable se nos ha mutado.

El principio de toda intervención en nuestro medio es entonces tanto o más complejo aún que el de una obra ya contextualizada artística e históricamente, por muy respetable o grandilocuente que parezca el objeto físico que nos transmite.

Considerar esta realidad significa involucrar la ciencia previa, multidisciplinaria al ejercicio restaurativo, en modo tal de aclarar lo más posible la continuidad de hechos anteriores que por falta de estudio permanecen como componentes aisladas sujetos muchas veces a la reflexión historicista o romántica o a una doble polaridad de interpretaciones desde las posturas más conservacionistas por temor a lo que no se conoce, o a las más imprudentes cuando este conocimiento es descifrado de manera fragmentada en cualquier caso frágil de consistencia teórica, sometida a la falta de libertad en su descernimiento.

2.2 El caso de la reconstrucción de la Iglesia San Ambrosio de Chanco (Arias Arquitectos). Una Intervención real.

La iglesia de San Ambrosio de Chanco, al igual que mucho de nuestro patrimonio, se vio impactada por los efectos causados en el terremoto de febrero 2010, generando a los habitantes de los territorios afectados, pérdidas que van más allá de lo meramente construido. Con los daños generados en la iglesia, los cuales dejaron al inmueble en un 85% destruido y colapsado, también se afectaron elementos constituyentes de la identidad de una localidad, de la forma diaria de habitar un territorio y en definitiva de la forma de vida de las personas.

Es así como ante la magnitud de los daños y ante la demolición del inmueble, la Dirección de Arquitectura opta por llamar a realizar un proyecto de reconstrucción total de la Iglesia. Cabe considerar que lo único que queda en pie, son los cimientos originales de piedra.

Por tanto, cobra acá valor la reflexión del cómo afrontar situaciones traumáticas en los inmuebles, por ejemplo, Cartas Internacionales como la de Cracovia (Kadluczka et al, 2000), nos señala alguna postura al respecto ya que, según la misma, "debe evitarse la reconstrucción en 'el estilo del edificio' de partes enteras del mismo". Estableciéndose una especie de consenso entre los "expertos en restauración", admitiendo como legítima la reconstrucción de una parte concreta cuando "esta se base en documentación precisa e indiscutible".

Figura 1. Fotografía de la Iglesia de Chanco post terremoto de febrero de 2010

Pero debiésemos tener ciertas precauciones; el recuperar el presente como una continuidad impide visualizar el paso del tiempo: mientras nosotros envejecemos y obviamente toda la sociedad cambia, hay hitos arquitectónicos que se convierten en monumentos ajenos al paso del tiempo, se perpetúan y proyectan, con el tiempo detenido. Acusar el tiempo no es volverse ruina. El tiempo debería reflejarse en las obras y/o en al menos parte de ellas. Y esto va de la mano de tomar medidas de registro exhaustivo de nuestros bienes patrimoniales, casi como medida preventiva.

2.2.1 Antecedentes Generales

La Iglesia se ubica en la Comuna de Chanco, Provincia de Cauquenes, Región del Maule, y está emplazada en la Zona Típica Pueblo de Chanco, declarada como tal en el año 2000, y dónde *se consideró que estaba emplazado en un antiguo asentamiento de pescadores y se caracterizaba por una trama de calles en damero tradicional, con una arquitectura de casas coloniales de un piso, de fachadas continuas y corredores que conforman una fuerte imagen y continuidad urbana* (CMN Dec. N°155 del 18/05/2000).

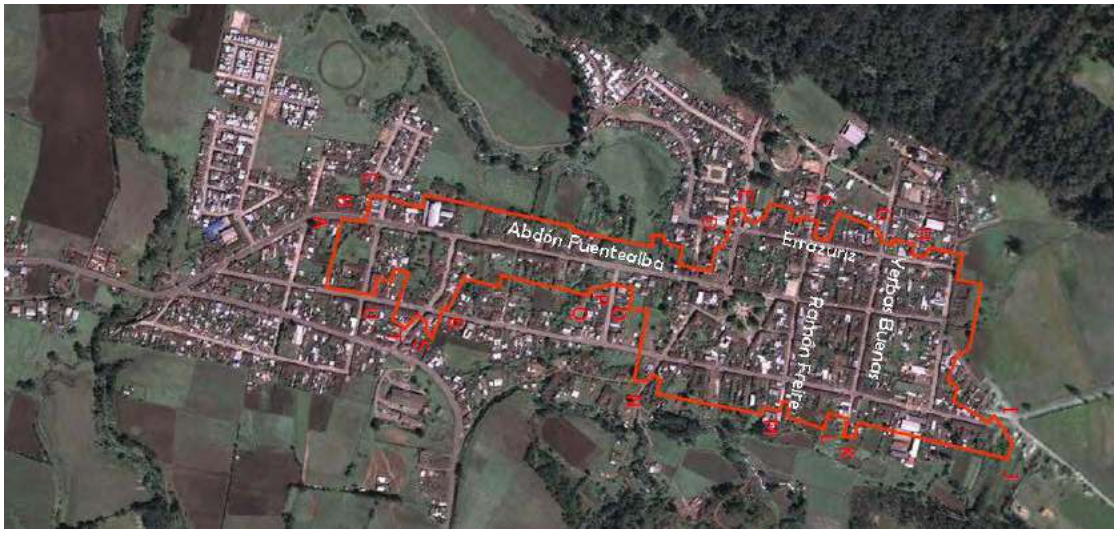


Figura 2. Plano de límites de la ZT Pueblo de Chanco

2.2.2 Memoria Descriptiva

2.2.2.1 El Templo

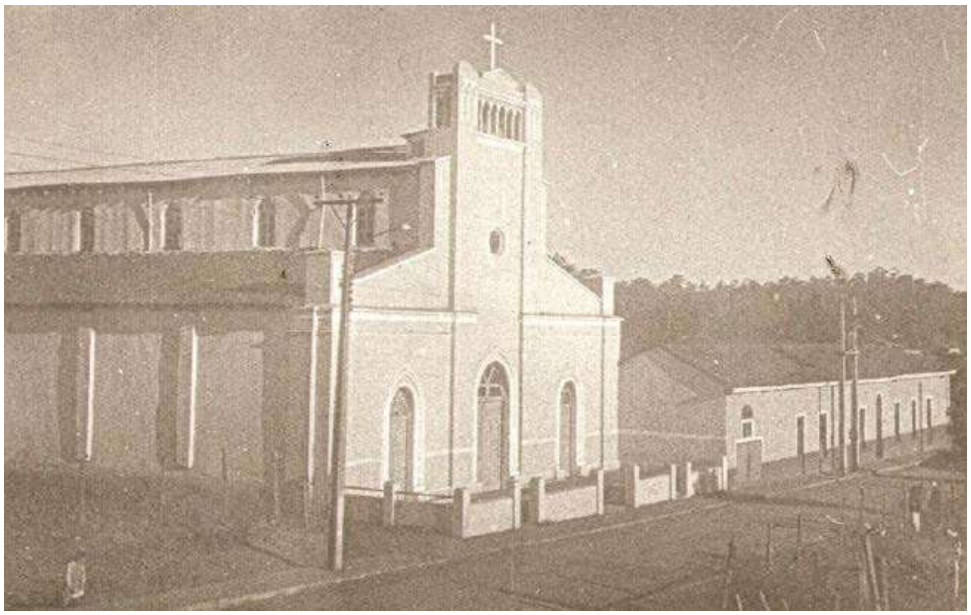


Figura 3. Iglesia San Ambrosio de Chanco y Casa Parroquial (sin fecha)

El antiguo templo, que estaba ubicado en el centro de la actual Plaza de la ciudad, medía alrededor de 8 metros de ancho por 16 de largo. Estaba construido de murallas de adobón y su techumbre era de tejas, con corredores por el lado norte y poniente que lo defendían de las lluvias y, según consta en el decreto de fundación de la Parroquia hecho por el obispo don José Ignacio Cienfuegos “el Templo fue construido con el aporte de todos los vecinos”, fue demolido en 1910, quedando sepultado entonces bajo la actual Plaza junto al antiguo Cementerio Parroquial” (Consultoría de Tagua-Tagua).

La última iglesia recientemente demolida, habría sido terminada de construir en el año 1925; estaba construida en muros de adobe de 1,40 m de espesor, pilastras lobuladas de barro y conformada por 3 naves interiormente revestidas de roble pellín.

Luego del terremoto de Chillán de 1939 la fachada del templo se cambió por albañilería de ladrillo y en 1980 se cambia la cubierta original de teja por pizarreño y posteriormente zinc.

2.2.2.2 La Propuesta

El proyecto propone la reconstrucción de la misma imagen del inmueble, considerando la consulta ciudadana y la relevancia social del templo como parte de la Zona Típica. Esto sumado a que, debido al resultado de la mecánica de suelos que indica una calidad de suelo licuoso, la opción de realizar fundaciones con un pilotaje a más de 20 metros de profundidad, para lograr reconstruir en un sistema macizo de tierra confinada en malla, se vuelve poco factible.

Ante este panorama, el consultor junto a un equipo de ingenieros, plantea la alternativa de realizar una fundación convencional mejorada con vigas de fundación sobre las cuales se puede emplazar un edificio más liviano.

Figura 4. Imagen 3d que muestra la propuesta de vista interior del proyecto y sus cimientos originales vistos

Se privilegiará el uso de la técnica constructiva del adobe asistido con nuevas tecnologías. Las obras de reparación, obras de reconstrucción, y/o obras nuevas en sitios eriazos o en reemplazo de inmuebles demolidos o totalmente siniestrados, podrán ser de preferencia en albañilería de adobe; adobe reforzado- estructurado con elementos verticales y horizontales de madera- y/o quincha revocada en estuco de tierra y enlucida con cal, tanto interior como exteriormente (CMN, 2010)

La propuesta consta de un sistema de marcos rígidos metálicos transversales y longitudinales, donde estos últimos se conciben con tabiquerías dobles de quincha metálica con relleno de barro aligerado de 100 mmm de espesor. Lo que finalmente logra:

- Reducir considerablemente el peso de la estructura de 2,2 t/m a 0,2 t/m. Comparando el sistema inicial macizo considerado para la reconstrucción
- Utilizar materiales industriales de propiedades conocidas, por lo que puede analizarse plenamente según las normas chilenas vigentes y donde el barro juega un rol térmico, acústico y de imagen patrimonial.

La cubierta que se propone para la nueva iglesia es de zinc alum, y de tejas de arcilla para el resto del conjunto.

El proyecto de diseño se encuentra en etapa de desarrollo. Luego de terminada esta etapa se licitará la ejecución de obras.

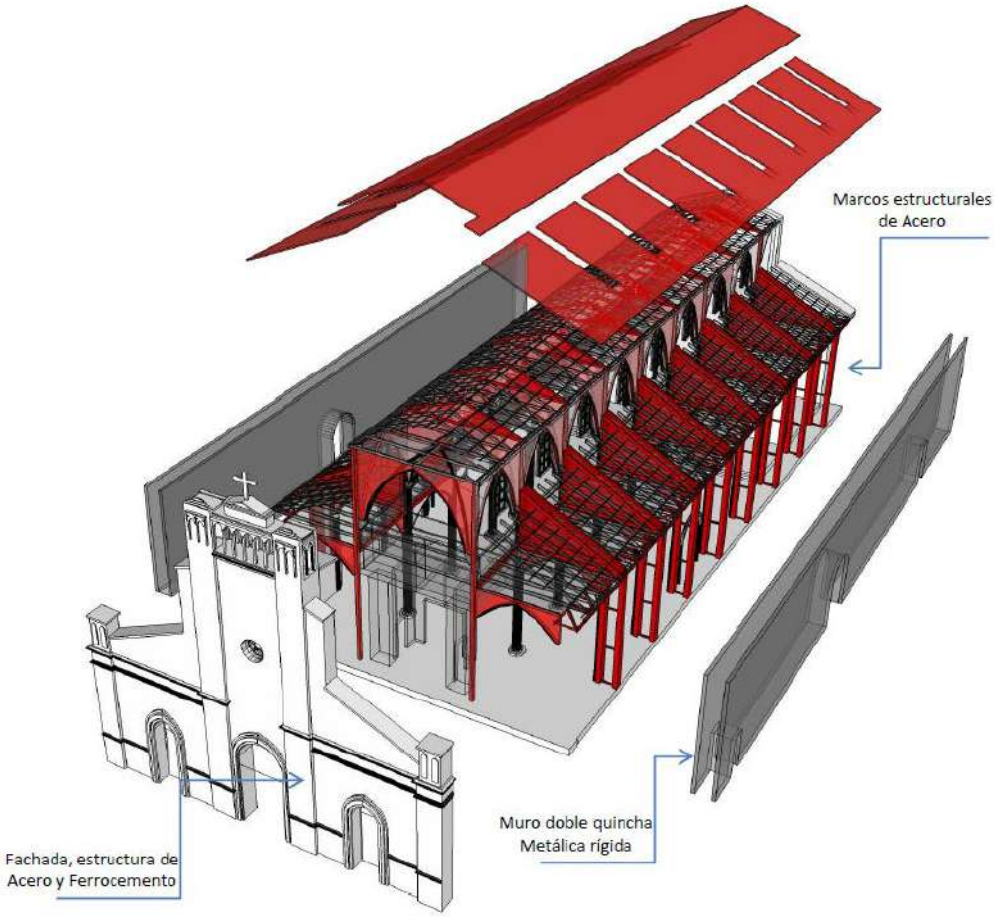


Figura 5. Isométrica explotada que muestra las partes de la obra propuesta

3. REFLEXIONES FINALES

3.1 El Patrimonio desde la Institución y el Estado

Hoy en día la Edificación Pública, aquella arquitectura pretendida para los habitantes, no puede ser entendida sólo como edificación nueva. La superación económica - cultural del país, así como en el mundo desarrollado, incorpora cada vez más en su quehacer el condicionamiento y modernización de la edificación preexistente y sus espacios públicos, propósito absolutamente intrínseco al quehacer de un Estado que no puede eximirse de las actuales futuras tendencias. Al igual que los temas de sustentabilidad y energéticos, el patrimonio ya es parte estructural del pensamiento moderno global que no se entiende sin este componente. Basta nombrar algunas obras que hoy se han transformado en interés nacional como: la Plaza de la Ciudadanía, el Teatro de Iquique, la Catedral Metropolitana, el Estadio Nacional, la Biblioteca del Congreso nacional, la Hacienda El Huique, el Palacio Pereira, el GAM, la Biblioteca de Antofagasta y muchos más proyectos religiosos y/o culturales, de diversas magnitudes que en todas las Regiones se constituyen en temas centrales de su labor pública con un alto reconocimiento por parte de la ciudadanía y autoridades gubernativas en una necesaria reivindicación a la identidad local.

Es por tanto la línea de edificación patrimonial un encargo que no puede sustraerse en argumento y práctica al ejercicio de la Edificación Pública en general para un Estado en que su tarea es precisamente no solo ejecutarla si no también recuperar el espíritu virtuoso de liderazgo cultural en el camino irreversible hacia una arquitectura mucho más fundamentada y en lo ético más comprometida con su entorno ambiental.

3.2 Sobre los criterios de intervención

Una de las cosas que más perjudican a la práctica de la restauración arquitectónica es, posiblemente, la mala aplicación del término criterio. “Entendamos por criterio como la norma para conocer la verdad/ Juicio o discernimiento.” Sin embargo, cuando oímos hablar de criterios de restauración hay que entender que a lo que se hace referencia, muchas veces, es a opiniones o incluso gustos sobre restauración. A cualquier opción producida por un impulso arbitrario se la escuda enseguida tras el parapeto intocable del criterio.

Si la restauración de arquitectura viene siendo con frecuencia, por desgracia, una excusa para la invención, hay también abundantes ejemplos en los que se aborda esta disciplina con rigor, conocimiento y tiempo para la reflexión; esto es, con criterio. El criterio entendido no como opción personal o ligada a determinada escuela, sino como sistema de investigación y deducción.

Muchas veces se ha intentado fijar normas para la restauración de la arquitectura. A ello se han dedicado las sucesivas Cartas de Restauración. Pero ni siquiera esas Cartas, siendo el fruto de infinitas y profundas reflexiones y discusiones, resultan inapelables. La restauración no admite ciertas leyes generales, pues suele responder más a lo particular que a lo genérico; además, basta leer las propias Cartas para comprobar que las normas por ellas dictadas han resultado a veces ser, con la práctica, erróneas.

Salvar Patrimonio no pretende, en este apartado, dictar un completo sistema de normas para la restauración. Lo que sigue es una relación que irá aumentando con el tiempo, de una serie de sugerencias, inspiradas por la observación y la experiencia.

I. Es imprescindible que comprendamos la restauración como un medio de investigación y de conocimiento. Para ello, llegaremos a la obra con la máxima información posible; así mismo, a lo largo de la intervención documentaremos cada paso que demos, con el fin de aumentar los datos sobre el edificio y poderlos brindar luego a futuras investigaciones.

II. Sería deseable que un proyecto de restauración no pudiera cerrarse hasta después de llevar a cabo una detallada prospección sobre el terreno.

III. Nunca debe afrontarse una restauración con prejuicios hacia algún estilo. Además de falsificar la historia del edificio con un innecesario purismo, quitar añadidos posteriores puede resultar peligroso, pues esos añadidos, aunque los veamos sólo en su dimensión estética, se hicieron muchas veces para solucionar problemas estructurales o funcionales.

IV. Si imitamos un elemento, debemos hacerlo con materiales de calidad. El fin no es crear una escenografía falsificada: si no tenemos medios para utilizar los sistemas antiguos, resulta más honrado acudir a métodos compatibles.

V. Deben respetarse siempre las características y el funcionamiento de los materiales y de los sistemas constructivos. Al respecto, conviene no confundir materiales tradicionales e industriales que podrían parecer equivalentes.

VI. Es siempre mejor reparar que sustituir. En realidad, el secreto de la pervivencia de muchos edificios históricos es, además de su solidez, la continua labor de reparación y sustitución de una parte de sus elementos; esto es, la normal labor de mantenimiento que, al ser abandonada, fuerza la solución traumática que supone toda restauración.

VII. Antes de intervenir sobre un edificio, debemos comprenderlo perfectamente. No basta con conocer su forma: es obligatorio saber su funcionalidad, las razones de su forma. Si no atendemos a que la arquitectura ha sido siempre un arte funcional, podremos caer en errores como eliminar elementos imprescindibles arbitrariamente.

VIII. Debe rechazarse el fachadismo, la reducción de un elemento de arquitectura a un frente escenográfico hacia la calle, con una excepción: la voluntad de respetar el entorno urbano en una obra de nueva planta. Si levantamos un nuevo edificio en un enclave histórico, podremos utilizar sistemas tradicionales; si no es así, de no tratarse de un proyecto singular, lo más apropiado será seguramente la discreción, configurando una

fachada que pase desapercibida y se amolde realmente a las propiedades de composición, tamaño, textura y color del entorno, pues lo importante es la imagen armónica del conjunto.

IX. Debemos ser prudentes a la hora de diferenciar nuestra aportación si es que ésta ha sido necesaria- respecto a la parte antigua del edificio. Está obligada diferenciación sirve de coartada a algunos para formalizar soluciones que alimenten su vanidad; sin embargo, es posible distinguir lo nuevo de lo viejo sin estridencias, sin dañar la imagen general y confiando en la perspicacia del espectador.

Finalmente, mencionar la oportunidad histórica que tiene el Estado desde lo técnico y lo administrativo el de hacerse cargo en abordar el tema patrimonial y restaurativo con visión integral multidisciplinar y colocar esta experiencia aún en práctica embrionaria en el consciente cultural ciudadano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consejo de Monumentos Nacionales (2010). Lineamientos de reconstrucción para la ZT Pueblo de Chanco". Santiago dic. 2010.

De Gracia, Francisco (1992). *Construir en lo construido. La arquitectura como modificación.* Editorial Nerea. www.books.google.cl

Kadluczka (Polonia), G. Cristinelli (Italia), M. Zádor (Hungría) (2000). *Carta de Cracovia.*

Norberg-Schulz, Christian (1980). A1 Baliano, "Genius Loci" artículo sobre *Aproximación a una fenomenología de la arquitectura*. www.a1baliano.wordpress.com

Currículo

Gunther Suhrcke Caballero es Arquitecto de la Universidad de Chile, especialista en Restauración y Diseño Arquitectónico del Centro Per Il Restauro de Ingeniería "CECTI", Florencia- Italia, con estudios de especialización en el Centro d´storia della Architetura Andrea Palladio, Venecia-Italia y candidato a doctor en Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Politécnica de Madrid. Realiza docencia en Taller de Pregrado y Postgrado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Taller de restauración en DUOC UC Sede Valparaíso, Universidad Federico Santa María y en la Universidad Católica del Norte. Posee destacada trayectoria en el ámbito público en diversos cargos dentro del Ministerio de O.O.P.P. como Jefe Nacional del Departamento de Patrimonio, Jefe de Departamento de Proyectos Especiales, Jefe de Unidad de Diseño y en regiones como Director Regional de Arquitectura de la I y V Regiones y como director provincial de la Dirección de Arquitectura de Arica.

CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DE INMUEBLES CONSTRUIDOS CON TIERRA EN COLOMBIA. PERSPECTIVAS Y REALIDADES

Jenny Astrid Vargas Sánchez

Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. javargargassa@unal.edu.co

Palabras claves: arquitectura de tierra, conservación de patrimonio, consolidación estructural, riesgo sísmico

Resumen

La arquitectura de tierra es sin duda uno de los materiales más sensibles y vulnerables ante fenómenos naturales como tsunamis, terremotos, maremotos, ciclones, inundaciones, lluvias, avalanchas, deslizamientos, entre otros, dada su baja resistencia para soportar fuerzas dinámicas como las generadas por los sismos o para superar tiempos prolongados de exposición al agua. En Colombia, el mayor riesgo que existe para la arquitectura de tierra son los sismos, ya que la mayor parte de la población se halla asentada a lo largo de valles y montañas de las tres cordilleras, que son producto del movimiento constante de las placas tectónicas que dieron origen a la Cordillera de los Andes.

La huella que han dejado los sismos en el país ha generado un impacto en la formación y el quehacer profesional de arquitectos, ingenieros y constructores, que ha permitido llegar a tener uno de los códigos de construcción sismo resistente más exigente y de obligatorio cumplimiento nacional. No obstante, en el colectivo de restauradores, conservadores y en general de las personas que estamos involucradas y comprometidas con la recuperación y conservación del patrimonio cultural inmueble en Colombia, existe la idea de la necesidad de que dicho código permita un tratamiento especial para las estructuras patrimoniales y particularmente para aquellas construidas con tierra.

Esta preocupación ha permitido la generación de un campo específico de investigación, sobre la consolidación y reforzamiento estructural de los inmuebles construidos con tierra, que se ha venido trabajando desde la academia con importantes trabajos realizados por algunas universidades. El presente trabajo surge entonces del interés de reflexionar sobre la imperiosa necesidad de ejecutar obras para la consolidación y refuerzo estructural de las edificaciones construidas con tierra, ya sea que correspondan al patrimonio monumental o simplemente a la arquitectura tradicional.

El objetivo de esta investigación[1] ha sido comprender la evolución del concepto de la consolidación estructural de las edificaciones patrimoniales y su incidencia en la mitigación del riesgo sísmico de aquellas construidas con tierra, con énfasis en la manera cómo se ha abordado esta situación desde la práctica de la intervención en Colombia. Para ello, se realizó la revisión de la información planimétrica del Centro de Documentación de la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura, como fuente primaria para el acercamiento a los bienes de interés cultural del ámbito nacional, para identificar aquellos construidos con tierra y con proyecto de consolidación estructural aprobado, que permitieran abordar el escenario planteado.

1. LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN COLOMBIA Y SU RIESGO SÍSMICO

La ocupación del territorio nacional es un proceso dinámico que se explica por las condiciones naturales del territorio, así como por las condiciones sociales, económicas, políticas y culturales de la población; el proceso de poblamiento de Colombia se desarrolló fundamentalmente a lo largo de las tres cordilleras, en las cuales se encuentran el mayor número de fallas geológicamente activas, donde por consiguiente se encuentran mayormente localizados los inmuebles construidos con tierra.

Según el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, *Colombia está localizada dentro de una de las zonas sísmicamente más activas de la tierra, la cual se denomina Anillo Circumpacífico y corresponde a los bordes del Océano Pacífico,* por lo que *el 87% de los colombianos se encuentran bajo un nivel de riesgo sísmico apreciable, que no solamente depende del grado de amenaza sísmica sino también del grado de vulnerabilidad*

que en general tienen las edificaciones en cada sitio. De acuerdo con la información del censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE en 1993, el 19% de las viviendas censadas para ese año, estaban construidas con tapia pisada, adobe o bahareque, siendo este uno de los indicadores con los cuales se mide el déficit cualitativo de la vivienda en Colombia. En la tabla 1 se observa la relación entre el porcentaje de viviendas construidas con tierra de cada departamento del país y el grado de amenaza sísmica de esa zona.

Tabla 1. % de construcción con tierra por departamento vs zonas de amenaza sísmica en Colombia

Departamento	% de viviendas construidas con tierra en cada departamento DANE - 2005	Zona de amenaza sísmica NSR-10
Amazonas	1%	Baja
Antioquia	14%	Alta- intermedia
Arauca	5%	Alta- intermedia
Archipiélago de San Andrés	0%	Baja
Atlántico	1%	Baja
Bogotá, D.C.	1%	Intermedia
Bolívar	6%	Intermedia-baja
Boyacá	20%	Alta- intermedia
Caldas	16%	Alta- intermedia
Caquetá	1%	Intermedia-baja
Casanare	9%	Alta- intermedia
Cauca	34%	Alta
Cesar	14%	Intermedia-baja
Chocó	20%	Alta
Córdoba	9%	Intermedia
Cundinamarca	8%	Intermedia-alta
Guainía	31%	Baja
Guajira	29%	Intermedia-baja
Guaviare	0%	Baja
Huila	26%	Alta
Magdalena	8%	Baja-intermedia
Meta	1%	Alta-intermedia-baja
Nariño	26%	Alta
Norte de Santander	15%	Alta- intermedia
Putumayo	1%	Alta- intermedia
Quindío	4%	Alta
Risaralda	9%	Alta
Santander	12%	Alta- intermedia
Sucre	12%	Intermedia
Tolima	13%	Alta- intermedia
Valle del Cauca	5%	Alta
Vaupés	1%	Baja
Vichada	10%	Baja

Fuente: elaboración propia, a partir de información del censo DANE 2005 y la NSR-10 (2010)

De las culturas constructivas que se encuentran en Colombia, el bahareque es la técnica que presenta en sí misma una menor vulnerabilidad frente al sismo, ya que se trata de estructuras generalmente livianas, con una alta flexibilidad otorgada por los elementos estructurales y portantes de madera, guadua u otros vegetales, los cuales absorben de manera importante los esfuerzos de tracción y torsión que genera el sismo. No obstante, cuando no se encuentra una buena ejecución de los amarres y uniones entre los diferentes elementos del bahareque y de este a su vez con los demás elementos de la edificación

como la cubierta y la cimentación, pueden presentarse daños ligados directamente a la concepción o construcción de la estructura.

En cuanto a las otras culturas constructivas, tapia pisada, adobe y BTC, se trata fundamentalmente de técnicas que tienen el mismo comportamiento de la mampostería, por lo cual con las fuerzas sísmicas se presentan daños importantes en el plano de los muros; grietas y fisuras diagonales, en X, por las juntas, etc., son daños típicos de las construcciones de mampostería, que han sido estudiados y analizados para la elaboración de las normas de construcción sismo resistente. Además de los daños que se presentan en muros, hay daños que se presentan en las cubiertas y otros elementos esenciales de la construcción, los cuales están asociados a otros factores diferentes a la propia resistencia del material tierra.

En el año 2005, con el último censo realizado en el país, el DANE reportó la estadística del material de construcción de los muros de las viviendas en cada uno de los departamentos, información que al ser contrastada con las zonas de amenaza sísmica que define la NSR10, pone en evidencia el alto riesgo sísmico que tienen las edificaciones construidas con tierra en Colombia. Es importante ver que justamente los departamentos que tienen mayor porcentaje de esta arquitectura como Cauca, Huila y Nariño, están localizados completamente en zona de amenaza sísmica alta. En cuanto al patrimonio construido con tierra, de forma consecuente con las situaciones antes descritas y al observar el mapa de densidad de población en Colombia, se reconoce que los bienes de interés cultural que forman parte de este patrimonio, se localizan igualmente a lo largo de las tres cordilleras, coincidiendo con las zonas de amenaza sísmica alta e intermedia.

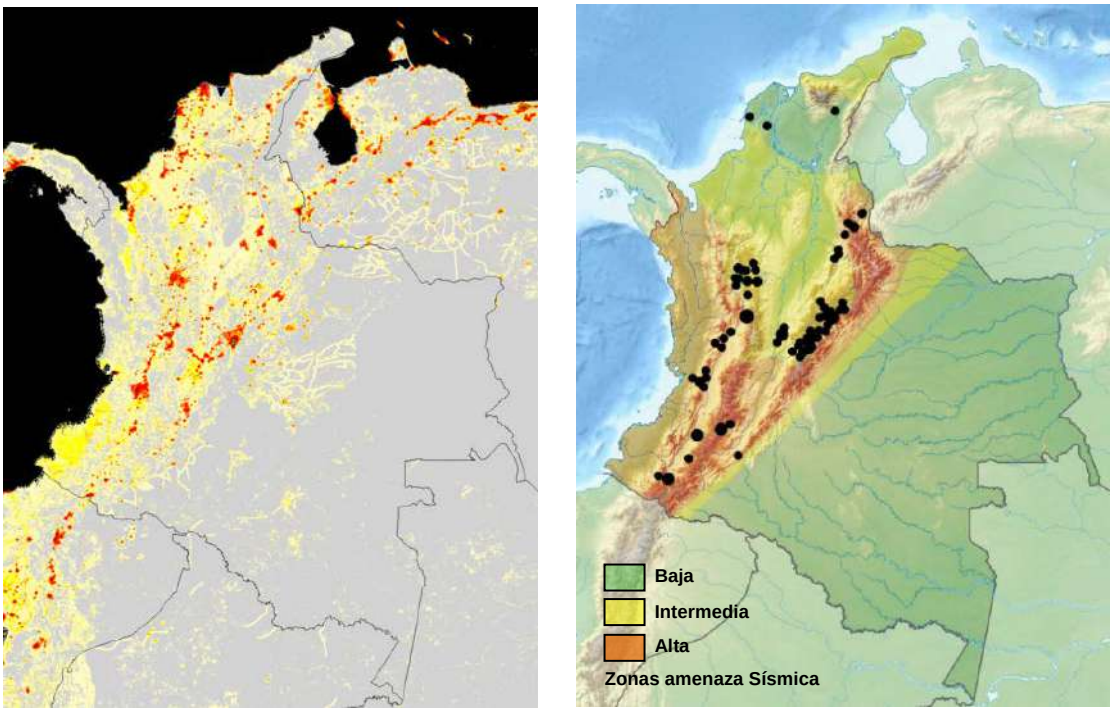


Figura 1. Comparativo Densidad de población en Colombia (Izq.) y Localización de 140 bienes de interés cultural construidos con tierra (Der.). Fuente: (Izq.) ESRI, CIAT data – Autor: Carlos Arango, (Der.) elaboración propia, a partir de cartografía del IGAC y la NSR-10

En Colombia no existe hasta el momento un documento o investigación que haya registrado cuántos y cuáles son los inmuebles patrimoniales construidos con tierra. Con el ánimo de dar un paso hacia adelante en este campo, el presente trabajo surgió de la revisión del archivo planimétrico digital del Centro de documentación de la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura, con el fin de identificar un primer listado de inmuebles, de los cuales la información planimétrica expresa (mediante texto) la existencia de la tierra como material de construcción. Se revisaron 1465 inmuebles, de los cuales se pudieron identificar 140 inmuebles que están total o parcialmente construidos con tierra, teniendo que un 39%

corresponden con bienes de interés cultural con declaratoria individual del ámbito nacional, mientras que los restantes inmuebles forman parte de alguno de los 44 centros históricos igualmente declarados en el ámbito nacional.

Tal como los historiadores de la arquitectura en Colombia lo han citado, la tierra tuvo su mayor aplicación como material de construcción durante el periodo Colonial, por lo que se encuentran inmuebles de este periodo construidos completamente en tapia pisada, adobe, bahareque o la mezcla de estos, mientras que a comienzos del siglo XIX y durante el periodo Republicano predomina el uso del ladrillo cocido, pasando la tierra a ser un material secundario. En los 140 inmuebles identificados, se observa claramente el predominio del origen colonial, así como el predominio de la arquitectura de tierra en la arquitectura religiosa y la arquitectura habitacional, lo cual contrastado con el origen principal en la época colonial, conduce al proceso fundacional de los pueblos, donde el templo es la edificación principal, rodeada por las estructuras de vivienda. La arquitectura institucional adquiere un mayor desarrollo e importancia en periodos posteriores y fueron materiales más nobles y de mayor jerarquía como la piedra o el ladrillo, los que conformaron su construcción.

Los sismos más importantes que se han registrado en Colombia y que han generado mayor destrucción de las arquitecturas de tierra son el sismo de Cúcuta del 11 de septiembre de 1875, el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983, el sismo de Páez del 6 de junio de 1994, el sismo del Quindío y el Eje Cafetero del 25 de enero de 1999, y el sismo de Quetame del 24 de mayo de 2008. El nivel de daño causado por estos eventos condujo a la formulación del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes, cuya versión más reciente es la del año 2010, en el que no se reconoce la tierra como un material y sistema estructural permitido.

2. LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL Y LA CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

En su libro “Conservación de bienes culturales. Teoría, historia, principios y normas” Ignacio González-Varas (2003) plantea que debido a la complejidad y diversidad de materiales y técnicas presentes en la arquitectura, se requieren diversos tratamientos de conservación, entre ellos la intervención directa, que tiene como finalidad “mantener, reforzar y reparar la estructura material de los bienes culturales”, sobre lo cual resalta la importancia del conocimiento de las técnicas y los materiales constitutivos del bien, para efectuar una correcta intervención.

Además de realizar trabajos puntuales para conservar los materiales de construcción, la intervención de un inmueble requiere con frecuencia la “consolidación estructural”, que de acuerdo con los planteamientos generales de la conservación, debería realizarse sin alterar el espacio y el aspecto estético de la edificación, mejorando su comportamiento estructural con medios compatibles con la estructura original y en lo posible de carácter reversible.

Teniendo en cuenta que la consolidación estructural ha sido una de las preocupaciones de los teóricos de la restauración y que por tanto ha estado sometida a discusión constante, a continuación se realiza una revisión de las principales Cartas sobre restauración, con el fin de comprender el proceso de pensamiento que inicia con la validación del uso de estructuras modernas insertadas en la estructura original, que luego de ser altamente cuestionado por su irreversibilidad, ha conducido a la propuesta del uso de técnicas tradicionales asociadas a la práctica del mantenimiento preventivo.

La Carta de Atenas de 1931 es el primer documento internacional que establece los principios y normas generales para la restauración, por lo cual su contenido con relación a la consolidación estructural de los inmuebles, marcó un momento muy importante en la historia de la conservación. En el punto quinto la Carta de Atenas señala:

> *5. Los expertos escucharon varias comunicaciones relativas al empleo de materiales modernos para la consolidación de los edificios antiguos, y* ***han aprobado el empleo juicioso de todos los recursos de la técnica moderna, muy especialmente del***

concreto armado.

Expresan la opinión de que normalmente ***estos medios de refuerzo deben estar disimulados para no alterar el aspecto y el carácter del edificio a restaurar;*** *y recomiendan el empleo de dichos medios, especialmente en los casos en que aquellos permiten conservar los elementos "in situ", evitando los riesgos de la destrucción y de la reconstrucción* (negrita fuera de texto).

Las consecuencias de la aplicación de este aparte de la Carta de Atenas generaron un amplio debate y postura crítica, que suscitaron reflexiones como la del italiano Paolo Marconi, uno de los redactores principales del Carta del Italiana del Restauro de 1987, quien criticó ampliamente el uso de estructuras ocultas de hormigón u acero, ya que a pesar de preservar la "imagen" del monumento modifican drásticamente el esquema estático original.

La Carta de Cracovia del año 2000 establece uno de los principios que resulta fundamental dentro de los planteamientos de la conservación de la arquitectura de tierra, como lo es la "compatibilidad" de la intervención con los materiales y estructuras existentes, lo que se asocia directamente con la recomendación de estimular el conocimiento de materiales tradicionales y técnicas antiguas.

Posteriormente, en el año 2003, la 14ª Asamblea General del ICOMOS, en Victoria Falls - Zimbabue, presenta una nueva carta con el deseo de formular recomendaciones para el análisis y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico, que puedan ser adecuadas a cada contexto cultural, entendiendo que la singularidad de cada estructura dificulta la aplicación de las normas vigentes en el ámbito de la construcción. Este documento es el más reciente pero sobretodo la más precisa de las Cartas del ICOMOS, que se refiere exclusivamente al componente estructural de la restauración. Su contenido completo se divide en dos partes: "la titulada Principios, donde se plantean los conceptos básicos de conservación, y la titulada Directrices, donde se proponen las reglas y los métodos que deberían seguirse por los que intervienen en ambas actividades".

Con respecto a la valoración se destaca en la Carta de Zimbabue el numeral 1.3, el cual establece que "el valor de un edificio histórico no reside sólo en la apariencia de sus elementos individuales, sino también en la integridad de todos sus componentes, considerados como un producto único de la tecnología constructiva específica de su tiempo y lugar". Así, las técnicas de construcción con tierra que a veces pueden ser consideradas como precarias o frágiles, deben valorarse por tratarse de la tecnología específica con la que fuese construida una edificación. Igualmente, es importante el principio definido en el numeral 3.12, el cual plantea que "toda intervención debe respetar, en la medida de lo posible, la concepción y las técnicas constructivas originales, así como el valor histórico de la estructura y las pruebas históricas que proporciona. Este planteamiento asociado al definido en el numeral 2.10, en el que se establece la importancia de la compatibilidad de los materiales que se empleen en la intervención, otorga una valoración específica a las técnicas tradicionales y determina la necesidad de su pleno conocimiento para proponer intervenciones que no resulten agresivas con la fábrica original del inmueble.

La promulgación de estas Cartas ha generado en las últimas décadas una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación del patrimonio vernáculo y especialmente de la arquitectura de tierra, por lo que han surgido diferentes comités científicos y centros de investigación que contribuyen continuamente con la formación, difusión y promoción de las buenas prácticas necesarias para la conservación de ese patrimonio. Entre estos se encuentran el Programa de patrimonio mundial para la arquitectura de tierra – WHEAP- de la UNESCO, el Centro Internacional de Estudios para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales – ICCROM- que trabaja continuamente con el Centro Internacional de la Construcción con Tierra – CRATerre, el Comité Científico Internacional de Patrimonio Arquitectónico de Tierra – ISCEAH- que forma parte del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios – ICOMOS, el Instituto Getty y Proterra, e innumerables centros de investigación que laboran al interior de diversas facultades de arquitectura. Del trabajo conjunto de estos centros, surgen los encuentros académicos y profesionales dedicados

difusión de las investigaciones que se realizan, como las conferencias Terra, los Seminarios Iberoamericanos de Construcción con tierra – SIACOT, el evento Sismoadobe, entre otros.

A nivel normativo, la investigación en el campo de la consolidación estructural ha sido muy importante, la cual ha contribuido con la definición de métodos y sistemas de intervención adaptados al comportamiento físico, químico y mecánico de la tierra, decantando aquellos tipos de intervención que fueran propuestos desde las doctrinas de la restauración. Estas reflexiones han sido difundidas en los diferentes congresos y seminarios, pero también se han consignado en documentos importantes como las Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe del Instituto de Conservación Getty (2002), las Directrices para la evaluación y la reducción del riesgo sísmico de patrimonio cultural del Ministerio de Infraestructura y Transporte de Italia (2008) y la reciente Norma Técnica para la intervención estructural de construcciones patrimoniales de tierra - NTM 002 2010 que nos ha presentado Chile (2010). Esta última presenta un aporte significativo en la definición de considerar "materiales estructuralmente incompatibles a aquellos cuya rigidez difiera en más de un 100% con la del adobe"; así mismo, presenta como materiales estructuralmente compatibles con las estructuras de las construcciones patrimoniales la geomalla de polipropileno, la madera, la albañilería de adobe y la caña.

En Colombia, el panorama normativo de conservación y restauración de las construcciones de tierra está dado fundamentalmente por los principios generales para la intervención, establecidos por la Ley General de Cultura, así como su definición sobre el reforzamiento estructural; los apartes relacionados con edificaciones patrimoniales que ha incluido la última revisión de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-10; y los sistemas de rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada, incluidos en el manual elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

3. LA PRÁCTICA DE LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DE INMUEBLES CONSTRUIDOS CON TIERRA EN COLOMBIA

Luego de reconocer el panorama general del riesgo de las construcciones de tierra frente a los sismos, principal motivación de los expertos de la conservación de patrimonio y la arquitectura de tierra para reflexionar sobre la necesidad de consolidar estructuralmente los inmuebles, se presenta en este capítulo una mirada hacia las intervenciones que se han propuesto en Colombia y su impacto en la conservación de los inmuebles.

Este capítulo se estructura en dos partes: en la primera se presenta una clasificación de los sistemas de reforzamiento, identificada a partir de la revisión general de un grupo de proyectos de intervención en bienes de interés cultural construidos con tierra; en la segunda parte, a través del análisis de cuatro casos de estudio, se propone una reflexión sobre la decisión de conservar la materialidad o la apariencia estética del inmueble, al tratarse esta dualidad en una determinante fundamental para el diseño del proyecto de reforzamiento estructural.

Con el ánimo de establecer un espectro de estudio más amplio que el que pudieran ofrecer unos casos de estudio puntuales, a partir del listado de los 140 inmuebles construidos con tierra que se identificaron con la información de la planoteca digital del Centro de Documentación de la Dirección de Patrimonio, se filtraron 32 bienes de interés cultural que cuentan con proyecto de intervención aprobado por dicha Dirección, que involucran obras de reforzamiento estructural, los cuales se relacionan a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Identificación de sistemas de reforzamiento estructural de bienes de interés cultural construidos con tierra

INMUEBLE	MUNICIPIO	FECHA**	TIPO ***
Templo de San Agustín	Villa de Leyva	1994	
Iglesia y casa cural de Turmequé	Turmequé	1995	
Capilla de Jesús Nazareno	Marinilla	1996	
Templo Mayor de Villa de Leyva	Villa de Leyva	1996	
Estación El Cable	Manizales	1996	
Casa Agueda Gallardo Villamizar	Pamplona	1996	
Iglesia de Sabaletas - Nuestra Señora de La Candelaria	Montebello	1997	
Capilla Doctrinera de San Isidro de Chíquiza	Chíquiza	1997	
Capilla Doctrinera Oicatá	Oicatá	1997	
Casa de Hacienda Hatogrande	Sopó	1999	
Museo Juan del Corral	Santafé de Antioquia	1999	
Capilla de San Laureano	Tunja	1999	
Ermita de San Lázaro	Tunja	1999	
Capilla Doctrinera Tenjo	Tenjo	1999	
Casa del Virrey	Cartago	1999	
Iglesia y Convento de la Candelaria	Bogotá	2000	
Iglesia y Convento de las Aguas	Bogotá	2000	
Antiguo Hospital de La Misericordia	Calarcá	2001	
Capilla Doctrinera	Suesca	2002	
Casa carrera 9 n.° 11-69-77-79-85-93 - Calle 12 n.° 9-05	Villa de Leyva	2003	
Casa donde murió Antonio Nariño	Villa de Leyva	2003	
Convento del Santo Ecce Homo	Sutamarchán	2004	
Casa donde murió el General Juan José Reyes Patria	Corrales	2005	
Antiguo Templo Parroquial de Hato Viejo	Bello	2005	
Casa Histórica de Ventaquemada	Ventaquemada	2006	
Convento de Santa Clara	Tunja	2006	
Casa Vargas	Paipa	2006	
Capilla Santa Bárbara	Villavieja	2006	
Estación de Ferrocarril El Bosque	Medellín	2007	
Casa que habitó el Virrey Sámano	Bogotá	2007	
Casa de Hacienda Cañas Gordas	Cali	2007	
Inmueble calle 4 n.° 6-26	Zipaquirá	2008	

** Fecha de aprobación del proyecto de intervención por la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura

***Tipo de reforzamiento estructural, según el nombre o información contenida en los planos estructurales del proyecto, así:

- Contrafuertes de concreto armado
- Pantallas de concreto armado
- Pórticos de concreto armado
- Columnas/columnetas y vigas de concreto armado
- Vigas de amarre superior de concreto armado
- Vigas de amarre de concreto armado y tirantes metálicos
- Estructura de madera
- Estructura de madera y vigas de amarre de concreto
- Armadura metálica (platinas y pernos o barras de acero)
- Estructura metálica
- Pañete estructural

Fuente: elaboración propia, a partir de análisis de información planimétrica

Con respecto a la norma colombiana de diseño y construcción sismo resistente, se encuentra que hay 9 proyectos que fueron aprobados antes de la expedición de la NSR-98 y 23 proyectos que se diseñaron en vigencia de la misma. Resulta una constante, la actividad proyectual año tras año para la elaboración de proyectos de intervención que incluyen obras

de reforzamiento estructural, probablemente por tratarse de inmuebles de uso público, ya sea esta su condición original o por consecuencia del cambio de uso en arquitectura habitacional. Es importante señalar que el uso público de un inmueble generalmente conlleva a la intervención integral del mismo y dada su propia condición, la solicitud de la autorización para dicha intervención es la que permite tener registros que sirven de base para investigaciones como esta, a diferencia de las obras menores que probablemente se realizan en inmuebles destinados a vivienda; lo anterior comprensible también por los costos tanto de las obras como de la elaboración de un proyecto de intervención integral.

En cuanto a la localización de los inmuebles, pese a que esta selección no pueda extrapolarse para referirse a una condición general del país, lo que se puede corroborar es que los 32 proyectos de reforzamiento estructural que se identificaron, están localizados en zonas de amenaza sísmica alta o intermedia, correspondientes a los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Antioquia principalmente. Sobre los materiales empleados en el reforzamiento estructural, a partir de la revisión de los proyectos de los 32 inmuebles citados, se puede determinar que son el concreto (77%), el acero (14%) y la madera (9%), los materiales principales que se emplean en la intervención estructural, con un predominio absoluto del concreto u hormigón armado.

La falta de una norma para el estudio e intervención estructural de las edificaciones patrimoniales y específicamente para aquellas construidas con tierra, ha permitido la exploración de diversos sistemas para tratar de dar una respuesta a las solicitaciones estructurales de los inmuebles, ya sea para mejorar su comportamiento frente a los sismos o simplemente para garantizar su estabilidad o capacidad de carga generada por ejemplo, por el cambio de uso de la edificación. Con la aparición de la primera normativa sobre construcciones sismo resistentes en Colombia[2], expedida en 1984, la responsabilidad de los profesionales de la arquitectura y la ingeniería sobre el adecuado comportamiento sísmico de las edificaciones se hizo evidente, y posteriormente con la NSR-98, que incluyó la evaluación de edificaciones construidas antes de la reglamentación, la intervención de los inmuebles patrimoniales pasó de ser una labor puramente de restauradores, para requerir del trabajo interdisciplinar con la ingeniería estructural.

A continuación se presenta un panorama general de los sistemas de consolidación estructural que se han aplicado en Colombia, los cuales para efectos de la presente investigación se han clasificado según su localización con respecto a la estructura existente, así: estructuras internas, estructuras externas, o superficies envolventes.

3.1. Estructuras internas

Como se vio antes, una de las formas más comunes de reforzar las edificaciones construidas con tierra es la adición de estructuras de hormigón armado, ya sean pórticos o únicamente las vigas superiores para generar el amarre de los muros; con menor frecuencia se emplean con este sistema materiales como el acero, la madera o la guadua. Estas intervenciones se clasifican como estructuras internas, porque generalmente tienden a ser construidas estrictamente al interior de los muros existentes, lo que implica la demolición parcial de algunas porciones de muro, ocasionando la pérdida de la estructura original, como se observa en la intervención de la Capilla de Hato Viejo en la Figura 2.

El dimensionamiento de la nueva estructura no sólo tiene un impacto en la conservación de la materialidad del inmueble y en la dificultad de la ejecución de las obras, sino que realmente debe estar diseñada con especial atención y cuidado a la diferencia de rigidez entre el muro de tierra y la nueva estructura, ya que un movimiento diferencial entre las dos, puede ocasionar un mayor daño en la estructura más frágil durante un sismo.

Figura 2. Ejemplo del proceso constructivo de las columnas y vigas de concreto, para reforzar muros de tierra. Fuente: Informe de intervención Capilla de Jesús Nazareno (Marinilla, antioquia), Fundación Ferrocarril de Antioquia

En cuanto a la apariencia estética de la intervención, se puede decir que la preferencia que pueden tener las estructuras internas frente a otros sistemas radica en mantener la apariencia formal del inmueble, ya que no se incrementa ni el espesor de los muros ni aparecen elementos que sobresalgan del plano original. No obstante, los nuevos elementos generan superficies planas y a plomo, que son opuestas a la superficie irregular que por lo general ofrece un muro de tierra antiguo, además de tratarse de intervenciones que definitivamente no se pueden considerar como reversibles, ya alteran completamente la fábrica original de la edificación. La compatibilidad de los materiales, específicamente la relación tierra – cemento, generalmente es uno de los puntos que no se resuelven cuando se proponen estructuras internas de concreto armado. El cemento o el concreto no generan adherencia a las superficies de tierra, por lo cual se deben contemplar elementos o materiales de transición, que permitan la adecuada trasmisión de esfuerzos.

3.2. Estructuras externas o complementarias

A diferencia de las anteriores, como su nombre lo indica, se trata de estructuras que se integran desde el exterior del muro original, ya sea que se trate de elementos completamente adosados al plano del muro o de estructuras independientes que complementan el comportamiento estructural del inmueble. La función principal de estas estructuras es contribuir con la transmisión de cargas transversales a la cimentación, como en el caso de los contrafuertes que permiten al muro resistir empujes laterales, que pueden ser ocasionados por ejemplo, por la presión ejercida por la cubierta. Los contrafuertes y las pantallas de concreto generalmente se utilizan para contrarrestar la esbeltez de los muros y la ausencia de tabiques o muros transversales.

Las pantallas son elementos estructurales que se adosan generalmente a una de las caras del muro, en forma de delgadas franjas verticales que contribuyen al reforzamiento de los puntos más vulnerables del inmueble; incluyen sistemas de anclaje para garantizar el comportamiento unitario de los dos sistemas en caso de sismo, como se observa en la Figura 3. El detalle de los sistemas de anclaje, es un punto delicado ya que puede superponerse con juntas entre adobes o tapiales, así como con grietas y fisuras de los muros, por lo que el tipo y dimensión de las perforaciones es relevante para la conservación de la materialidad del muro.

Las estructuras externas al ser menos invasivas que las estructuras internas, conservan en mayor medida la materialidad de los muros de tierra, por lo que su aparición en el campo de la conservación de patrimonio está asociada al concepto de reversibilidad. No obstante, esta condición de “reversibilidad” es parcial, ya que de cualquier manera deben generarse anclajes de la nueva estructura a la estructura original, de forma que se garantice la

adecuada transmisión de esfuerzos.

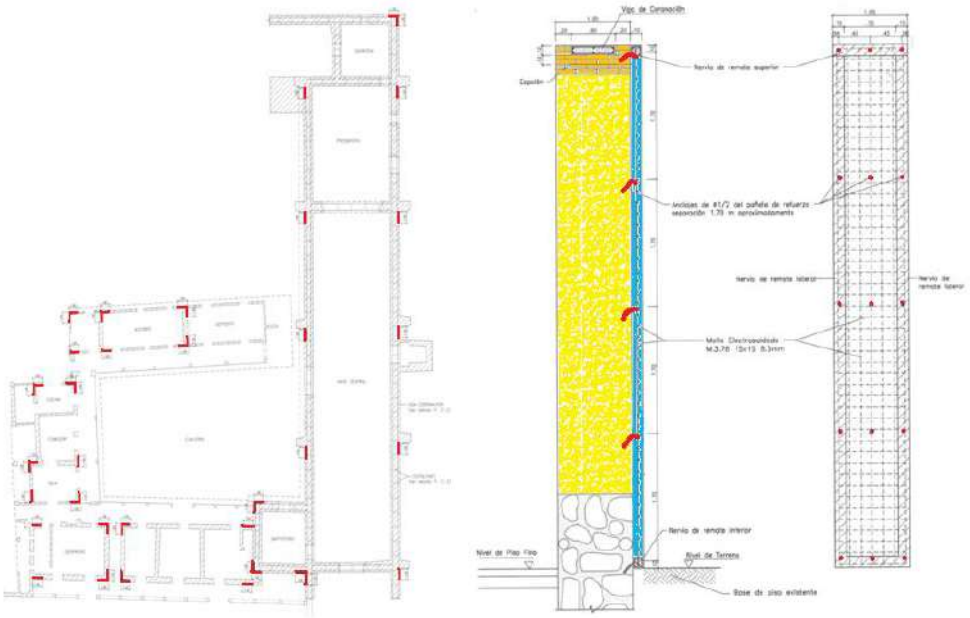


Figura 3. Localización y detalle de anclaje de pantallas de concreto, Templo doctrinero de Oicatá – Boyacá. Fuente: Proyecto de intervención estructural: Arq.-Ing. José Gustavo Martínez (Detalle y planos originales retocados con color)

La construcción de una estructura externa o complementaria supone que el inmueble cuente con el espacio suficiente para su construcción, ya sea hacia el exterior para el caso de contrafuertes o al interior de los espacios como en el caso de pantallas o nuevas estructuras. Esta condición de ocupación espacial de las estructuras externas, implica necesariamente una alteración de la espacialidad del inmueble, lo que puede significar la alteración de sus valores estéticos, por lo que suelen convertirse en intervenciones polémicas y controvertidas por parte de los restauradores.

3.3. Superficies envolventes

Esta es una de las tendencias que se podría considerar más reciente en el campo del reforzamiento estructural, que consiste en la adición de materiales en la superficie de los muros, que permitan mejorar su comportamiento a flexión, de forma que se genere un complemento al sistema estructural existente; todo ello teniendo en cuenta que la tierra resiste principalmente esfuerzos de compresión.

Las superficies envolventes tienen una amplia variedad, dependiendo fundamentalmente del material “estructural” que se adiciona al muro. Se han utilizado retículas de madera, barras de acero, mallas de acero, mallas biaxiales poliméricas (geomalla), tejidos de fibras naturales como el yute, cañas, entre otros, como se observa en la Figura 4. La aplicación de algunos de estos materiales ha surgido de otras disciplinas diferentes a la construcción de inmuebles, como el caso de las geomallas, que tienen su aplicación principal en la construcción de estructuras de contención o pavimentos.

Con el uso de las superficies envolventes se generó el concepto de los llamados “pañetes estructurales”, con la idea de pasar de tener un pañete como material puramente de recubrimiento, para convertirse en un elementos con un comportamiento más cercano al de una pantalla de concreto; generalmente utilizan malla electrosoldada y espesores de mortero de cemento que oscilan entre los 7 cm y los 12 cm aproximadamente, para garantizar el adecuado recubrimiento y trabajo de la malla. Estas estructuras que recubren total o parcialmente la superficie de los muros de tierra, se convierten fácilmente en barreras impermeables, que alteran las propiedades higrométricas de la tierra. Su efecto nocivo es ligeramente menor, cuando la envolvente recubre una sola cara del muro, permitiendo que haya una fluctuación de aire y humedad por la cara contraria; no obstante, para garantizar la

efectividad del reforzamiento, es prácticamente una condición esencial que se instale la malla por las dos caras. Por tanto, la mejor manera de evitar generar tal barrera impermeable y poder instalar el sistema por las dos caras del muro, es utilizando recubrimientos a base de tierra o tierra-cal, teniendo así un material compatible, que tendrá una mejor adherencia y que no conforma una superficie impermeable.

Figura 4. Ejemplos de reforzamiento estructural con superficies envolventes. (Izq.) Detalle pañete estructural, Templo y Claustro de San Agustín – Villa de Leyva. Cálculo estructural: Fernando Barriga del Diestro, 1995. (Der.) Refuerzo de muro de adobe con geomalla, Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú

La aplicación de estos sistemas se imposibilita en el caso de inmuebles con superficies decoradas por pintura mural, altos o bajo relieves, entre otros. Igualmente, cuando se trata de inmuebles medianeros, generar la envolvente por las dos caras del muro no siempre es posible. En el caso de los llamados pañetes estructurales, teniendo en cuenta que el espesor del recubrimiento que se adiciona al muro es considerable (10-12 cm), se debe evaluar su pertinencia en espacios pequeños, en los cuales pueda cambiar ligeramente la percepción de la proporción o forma del lugar.

En cuanto a la conservación del inmueble, un aspecto importante a considerar, es el cambio de la apariencia de la superficie del muro, ya que dependiendo de la ejecución de la obra, se puede transformar completamente el aspecto sinuoso e irregular de un pañete de tierra por una superficie lisa y plomada. En cuanto a la reversibilidad del sistema se puede plantear que el retiro de un recubrimiento o pañete siempre es posible de realizar, sin embargo, se debe tener en cuenta que para unir o cocer las dos caras del muro, se realizan necesariamente perforaciones y se instala algún tipo de conector que pasa por la masa del muro.

4. ¿PRESERVAR LA ESTÉTICA O LA MATERIALIDAD?

A lo largo del desarrollo de esta investigación se pudo constatar que la consolidación estructural de las edificaciones patrimoniales es una actividad que ha estado en debate permanente, el cual tiene como interrogante principal el decidir qué tipo de refuerzo se implementa, en función de la preservación de la estética o la materialidad del inmueble. Sin duda alguna, esta decisión debe estar asociada a la valoración del inmueble, para la cual debe conocerse en profundidad la historia constructiva de la edificación, sus transformaciones en el tiempo, la calidad de los materiales y las técnicas de construcción presentes. En algunos casos, el mayor valor del inmueble puede estar asociado directamente a las técnicas constructivas, como reflejo de la evolución de una cultura o región, pero como se ha dicho, es una condición que solo puede determinarse con el estudio y valoración del inmueble.

Siguiendo la clasificación de los tipos de reforzamiento estructural que se han definido con el presente trabajo, se reconoce que la dicotomía entre la conservación de la estética o la materialidad surge principalmente por el impacto que tienen las estructuras internas o externas, respectivamente. De esta manera, para enriquecer el análisis de los tipos de reforzamiento estructural que se han realizado en Colombia y hacer referencia a la temática aquí planteada, se seleccionaron 4 proyectos de intervención de bienes de interés cultural del ámbito nacional. Cada uno de estos proyectos es un caso representativo tanto por el tipo de reforzamiento como por el material utilizado, así: la Capilla de Jesús Nazareno (Marinilla, Antioquia) y el Templo de Hato Viejo (Bello, Antioquia), proyectos desarrollados por la Fundación Ferrocarril de Antioquia, son un ejemplo del uso de estructuras de concreto armado internas y externas, respectivamente; la Casa del Virrey Sámano (Bogotá, D.C.) y la Hacienda Cañasgordas (Cali, Valle del Cauca), permiten un acercamiento al uso de estructuras complementarias externas, con una situación diferente en cuanto al diseño y material de la estructura propuesta, madera o metal.

Todo este análisis permitió reconocer que el impacto de sismos con un escenario de daño importante, como el de Popayán en el año 1983, no sólo movilizaron la comunidad académica y profesional para la elaboración de una norma de sismo resistencia, sino que desencadenaron un nuevo pensamiento colectivo, sobre la necesidad de diseñar las construcciones para resistir las cargas impuestas por los sismos y en ese mismo sentido, consolidar o reforzar las estructuras existentes. Un código cada vez más exigente, acompañado de un desconocimiento cada vez mayor de la arquitectura de tierra y su comportamiento estructural, ha conducido no sólo a desechar normativamente la tierra como material de construcción, sino a introducir a la fuerza otros sistemas estructurales que puedan ser fácilmente calculados y verificados con la norma y los programas de computador para el análisis de estructuras. Sin duda, la elaboración de la norma para el reforzamiento estructural y la consolidación de un inventario de arquitectura de tierra en Colombia supone un enorme trabajo, por lo cual es fundamental lograr la sinergia de los diferentes actores llamados a intervenir en la realidad del país, ojalá como medida de prevención y no como medida de emergencia ocasionada por la ocurrencia de un sismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá: AIS.

González-Varas, I. (2003). Conservación de bienes culturales. Teoría, historia, principios y normas. Madrid, España: Ediciones Cátedra.

Notas

(1) Este artículo es producto de la tesis elaborada por la autora para obtener el título de Magíster en Conservación del Patrimonio Cultural Inmueble (2012), de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, bajo la dirección del arquitecto Germán Téllez García.

(2) Decreto 1400 del 7 de junio de 1984 “Por el cual se adopta el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes”.

Currículo

Jenny Astrid Vargas Sánchez, arquitecta y magíster en Conservación de Patrimonio cultural Inmueble de la Universidad Nacional de Colombia, DSA en Arquitectura de Tierra de la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble – CRATerre. Realiza actividades de investigación, consultoría y formación sobre conservación del patrimonio y construcción con tierra. Es miembro del grupo de investigación sobre arquitectura en tierra de la Universidad Nacional de Colombia, del ICOMOS Colombia y de la Cátedra UNESCO Arquitectura de Tierra.

Legislación, difusión y educación asociada al uso de la tierra

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS DA ARQUITETURA VERNÁCULA DO SUL DA SARDENHA (ITÁLIA)

Maddalena Achenza, Leonardo G.F. Cannas, Ilaria Giovagnorio

DICAAR, Universidade de Cagliari, Itália, Rua Santa Croce, 59 - 09124 Cagliari, Tel. (+39) 0706755635-36, labterra@unica.it; leonardo.cannas@live.it; ilaria.giovagnorio@gmail.com

Palavras chave: arquitetura vernacular, arquitetura bioclimática.

Resumo

Objetivos energéticos da sustentabilidade ambiental, impostos pelas recentes diretivas da União Europeia (UE), estão relacionados à arquitetura para atingir os requisitos rigorosos de desempenho que levam a rever os modelos de comportamento e design do edifício e do espaço urbano. A partir deste ponto de vista, a reinterpretação da arquitetura vernácula fornece à arquitetura contemporânea um conjunto de lições exemplares que podem garantir o conforto de habitabilidade com a ajuda mínima dos sistemas mecânicos de arrefecimento e aquecimento.

Vários fatores, entre os quais podemos encontrar a configuração geomorfológica do solo no sul da Sardenha (em particular na região histórico- geográfica do Campidano), favoreceram o uso da terra crua como material escolhido para a construção do património arquitetónico vernáculo desta área. As propriedades higrotérmicas, garantidas pela grande espessura da parede, combinadas com as configurações espaciais historicamente tomadas (casa com pátio geralmente voltado para sul, a presença da loja, etc), hoje fornecem um repertório de conhecimentos e medidas técnicas projectuais para a adaptação ao clima local mediterrâneo.

O projecto europeu interuniversitário de investigação VerSus[1] constitui pela Universidade de Cagliari a oportunidade de investigar as soluções tecnológicas e tipo - morfológicas pertencentes à tradição da construção vernácula da Sardenha, com o objetivo de compreender e disseminar o *know – how* das estratégias de adaptação ao clima inerentes à região.

1. INTRODUÇCÃO

Durante a última Conferência Internacional sobre Mudança Climática (Doha 2012), a União Europeia foi um dos poucos signatários da extensão do Protocolo de Kyoto, o chamado Kyoto 2, que, de fato, se propôs a continuar o trabalho no sentido de reduzir as emissões de gases do efeito estufa, para além do termo do primeiro acordo, no período de dezembro de 2013, até dezembro 2020 (Bompam, 2012).

A Conferência de Doha despertou muitas polémicas, tanto pelos resultados abaixo das expectativas (Bompam, 2012), como também porque a responsabilidade do homem atual na criação do chamado "efeito estufa", ainda é o foco de debate científico.

Além da questão da real responsabilidade do homem na mudança do clima, existe de qualquer maneira uma questão de sentido ético e de bom senso relacionada com a prevenção do fenómeno, a necessidade urgente de mudar o sistema de produção e estilo de vida contemporâneo, que são caracterizados pelos problemas de poluição ambiental no sentido mais amplo, rápido esgotamento e desperdício de recursos e dificuldades no fornecimento de energia. Problemas que se tornam cada vez mais urgentes, por causa do ritmo vertiginoso do crescimento da população e "desenvolvimento" dos países em emergentes.

A assinatura sobre a continuação dos termos do acordo de Kyoto da União Europeia está em consonância com as políticas e estratégias adotadas, há algum tempo, direcionadas para o dever de redução das emissões de poluentes e a melhoria da eficiência, em termos ambientais, de todas as áreas de produção, obviamente, sem excluir o sector da construção. A "Diretiva Europeia 2010/31/UE sobre o desempenho energético do edifício" encaixa

perfeitamente em todas as iniciativas acima referidas, entre as várias medidas adotadas por ele, cita que provavelmente afetará em maior medida sobre a 'maneira' para construir nos próximos anos:

- ***Introdução do conceito de "edifício com necessidades quase nulas de energia".*** Construção de alto desempenho energético. A necessidade muito baixa ou quase zero de energia tem de ser coberta por uma forma muito significativa de energia proveniente de fontes renováveis, destacando aquelas de fontes renováveis produzidas no local ou nas proximidades;

- ***Obrigação dos Estados-Membros*****,** de que a partir de 31 de Dezembro 2020, todos os novos edifícios sejam construções com necessidade quase nula de energia;

- ***Obrigação para os Estados-Membros*** de que a partir de 31 de Dezembro 2018, os novos edifícios ocupados pelas autoridades públicas e de propriedade destes últimos sejam edifícios com necessidade quase nula de energia (Diretiva Europeia 2010/31/UE).

A diretiva também afirma que:

> *É de exclusiva responsabilidade dos Estados-Membros estabelecer os requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios e dos elementos construtivos. Estes requisitos devem ser estabelecidos de medida de alcançar um equilíbrio ótimo entre os custos dos investimentos necessários e as poupanças de energia realizadas no ciclo de vida dum edifício (Diretiva Europeia 2010/31/EC, p.14).*

Considerando que, para dar um exemplo numérico concreto, na Itália um edifício, já em termos da lei, é considerado de alta eficiência energética, uma vez que consome menos de 12 kWh/m^2, por ano para aquecimento e água quente, e menos de 10 kWh/m^2, por ano para arrefecimento (Tabela 1.1 anexo C do Decreto Legislativo 311/06, DM 26/06/2009), entende-se que são bastante rigorosas as exigências, para serem cumpridas em relação a uma comparação custo/benefício adequada, sendo então um tema muito relevante em tempos de crise económica e escassez de recursos como ocorre hoje.

É uma crença comum na comunidade científica que os requisitos da 'sustentabilidade' da indústria da construção podem ser cumpridos através da crítica redescoberta e renascimento das características formais, materiais e tecnológicas da arquitetura vernácula (Gamba, 2010; Zhai, Previtali, 2010), como entendida na definição ICOMOS (1999, p. 1) *[...] o método tradicional e espontâneo com que as comunidades se estabelecem*. Este tipo de arquitetura, ao contrário da arquitetura moderna industrializada, é o resultado de uma experiência desenvolvida ao longo de um tempo muito longo e guiada por estrita necessidade de satisfazer os requisitos funcionais em uma escassez geral de recursos de matéria e energia (Carlos Marti Aris em Torricelli, 2011), então apresenta as características, num sentido holístico, que é considerado o que deve ter um edifício "sustentável" contemporâneo. Dentre os vários fatores, os mais citados no debate científico são:

- A capacidade de se adaptar perfeitamente ao contexto bioclimático para a criação do conforto ambiental interno, com o mínimo dispêndio da energia das fontes não renováveis e poluentes (Zhai, Previtali, 2010);

- o uso de materiais naturais, de origem local, pouco processados ou processados por laborações simples, resultando baixo impacto ao meio ambiente durante todo seu ciclo de vida (Desogus, 2010).

Este artigo nasce no âmbito das atividades que a Universidade de Cagliari está a realizar para o projeto Intel-universitário Europeu VerSus, liderado pela Escola Superior Gallaecia de Vila Nova de Cerveira (Portugal), que tem como principal objetivo a aquisição, o processamento e difusão de ideias e conceitos relacionados com o projeto da arquitetura contemporânea sustentável a partir do estudo da arquitetura vernácula. Com este artigo pretende-se, então, discutir os resultados da primeira fase do projeto de pesquisa, realizada pelo parceiro de Cagliari, em que foi desenvolvido um trabalho de análise da extensa literatura, principalmente descritiva, sobre a cultura da construção da arquitetura de terra em

Sardenha, ao fim de tomar as soluções e as estratégias de adaptação microclimáticas que carateizam sua contemporaneidade.

2. O *ADOBE* EM SARDENHA. UM PATRIMÓNIO VERNÁCULO.

A tradição construtiva da Sardenha é exemplar pela índole inerentemente 'sustentável' da arquitetura vernácula, que incorpora os princípios da eficiência e do enraizamento no lugar, repetidamente enfatizado por vários autores que, ao longo dos anos, analisaram o seu património arquitetónico (Sanna, 2010; Achenza, 1999; Baldacci, 1952). Assim como escreve o Carlo Atzeni na seguinte passagem:

> *A arquitetura popular da Sardenha, através da relação extraordinária entre as suas formas essenciais e técnicas de construção, [...] expressa o vínculo histórico e inseparável que liga as comunidades ao território em que estão estabelecidas [...] A cultura do edifício da Sardenha, [...] toma do território quase todos os elementos necessários para a construção limitando os processos que não são diretamente ligados à recolha e ao transporte. A utilização quase exclusiva de materiais naturais tais como a madeira, a terra e as pedras é uma das principais características da construção civil tradicional da ilha. A implementação [...] é sempre guiada por um princípio de necessidade-virtude [...]: nada que não é necessário para viver e trabalhar pode ser concebido, nada que não seja estritamente finalizado para a construção correta pode ser realizado* (Atzeni, 2010, p. 223).

Como é evidente a partir desta citação, a Sardenha é caracterizada pela coexistência das 'culturas da construção' diferentes, destacando-se, em especial, a presença de uma forte tradição de construção em terra, material que está a ganhar crescente interesse académico, porque é creditado, por muitos estudiosos, como o material do futuro pelo seu alto nível de sustentabilidade.

Para exemplificar, limitando-se às propriedades termo-higrométrica louváveis da terra, Guillaud et al (2008, p. 86) comentam:

> *As mais recentes fundamentais pesquisas sobre a terra mostram que é um 'material de mudança de fase' natural [...]. Esta característica é devida ao seu conteúdo de água que pode evaporar (quando se levantam temperaturas) ou condense (quando as temperaturas são abaixadas) que reagem com as variações diurnas e sazonais da temperatura. Assim, as casas construídas com terra são 'quentes no inverno e frescas no verão', e proporcionam uma verdadeira condição de conforto [...]*.

Entre as técnicas de terra existentes na região destaca-se, fortemente, o adobe usado nos edifícios das áreas de construção do Campidano, na Sardenha do centro-sul (Figura 1). A técnica de construção, com base na utilização dos tijolos de terra secados ao sol, melhor conhecido localmente pelo termo 'su ladiri' ou 'lardini', cuja origem latina[2] já demonstra muitos especialistas (Baldacci, 1952; Achenza, 1999), influenciou fortemente o desenvolvimento das arquiteturas e modelos de habitação nesta área.

As técnicas e as soluções passadas oralmente pelos construtores locais, de facto, depositaram no território[3], ao longo dos séculos, além de um grande património 'sólido', uma 'bagagem' valiosa de conhecimento, interrompida apenas nos anos de 1950, com a chegada das técnicas e materiais modernos. Este importante *know-how* sobre o tema do vernáculo, expressão das tradições locais da construção, começou a ser redescoberto e recuperado nos anos de 1980, como testemunha da Sardenha da *índole identitária reconhecível e unificadora da paisagem construída pela terra crua* (Sanna A., 2010, p.139).

A partir daqueles anos, a Universidade de Cagliari, com o apoio do Centro dos Estudos e Pesquisas sobre Arquitetura Regional de Terra do DICAAR, iniciou uma série de ações no território, com o duplo objetivo de proteger a arquitetura de terra existente e sensibilizar as comunidades locais, através cultural importantes *programas de recuperação da construção civil* (Sanna, 2005, p. 862). Entre as iniciativas mais importantes lembramos a contribuição para a fundação da Associação Nacional 'Cidades da Terra Crua'[4], o nascimento do

CEDITerra e do abiTerra - Centro de Documentação das Cidades da Terra Crua, às quais se juntam as atividades de divulgação e de formação realizadas pelo Laboratório de Artes da Terra (Serrenti) e do LabTerra, ambos orientados e coordenados pela arquiteta Maddalena Achenza.

Figura 1. A área dos Campidani da Sardenha

2.1 Terra e lugar. O clima e a litologia dos Campidani

Apesar da 'constância' construtiva que caracteriza este material (encontrado nos cromatismos, nas técnicas, etc.), as variedades tipológicas, por meio das quais foram articuladas as arquiteturas vernacular em terra no território, combinam, com uma grande sensibilidade, as características e tradições com as exigências do clima regional (Baldacci, 1952; Bertagnin, 1999, Sanna, 2010). Esta capacitação reconhecida na arquitetura de terra, possuir já as características de uma *eco arquitetura contemporânea (*Guillaud, em Bertagnin 1999), permite expandir os tópicos de pesquisa mais estreitamente relacionados com a proteção e preservação da cultura tradicional, àqueles ligados à poupança da energia, à proteção ambiental e ao desenvolvimento sustentável do território, já peculiares, nas palavras de H. Guillaud *de uma arquitetura a imagem e escala humana, sempre em harmonia com o meio ambiente* (Guillaud, em Bertagnin 1999).

De acordo com os escritos do O. Baldacci e, posteriormente, afirmado por M. Bertagnin (1999, p. 34), *a arquitetura de terra fornece soluções tecnológicas sempre adequadas ao contexto* climático *local.* Estas condições, fortemente ligadas à latitude em que se opera, a partir da qual se tem origem os valores médios das temperaturas e chuvas anuais, tornam-se, juntamente à altitude do local (Baldacci, 1952), uma condição necessária para a existência dessas arquiteturas e sua permanência. Uma investigação inicial para compreender a grande difusão da arquitetura de terra nos Campidani é focalizada mesmo sobre as condições climáticas da região. Na verdade, é graças a estas condições climáticas, quentes e secas, que, nas palavras de Baldacci (1952, p.66), o lugar resulta *ideal para conservar para longo tempo este tipo de tijolos.*

De acordo com a divisão do Köppen, o clima da Sardenha é classificado CSA área[5], ou *Mediterrâneo interno* como melhor definido por Chessa e Dalitala (1997), sendo geralmente caracterizada por um inverno suave e um verão seco e muito quente. De acordo com os dados climáticos fornecidos pelo Departamento Regional Especializado Idrometeoclimatico (ARPAS), as planícies dos Campidani registam as temperaturas mais elevadas da região, com valores médios invernais entre a 10-11°C e no verão de cerca 25°C. Estes últimos podem alcançar facilmente, nos dias mais quentes, o pico de temperatura de 30-32°C: as maiores da Sardenha (Figura 2). Ainda com relação às chuvas, particularmente críticas para a sobrevivência das construções de terra, os Campidani apresentam os valores médios anuais mais baixos, sendo caracterizado por ser uma das principais *zonas secas* regionais,

juntamente com os territórios da Nurra e a banda em torno da bacia do Coghinas (Chessa e Dalitala, 1997) (Figura 2).

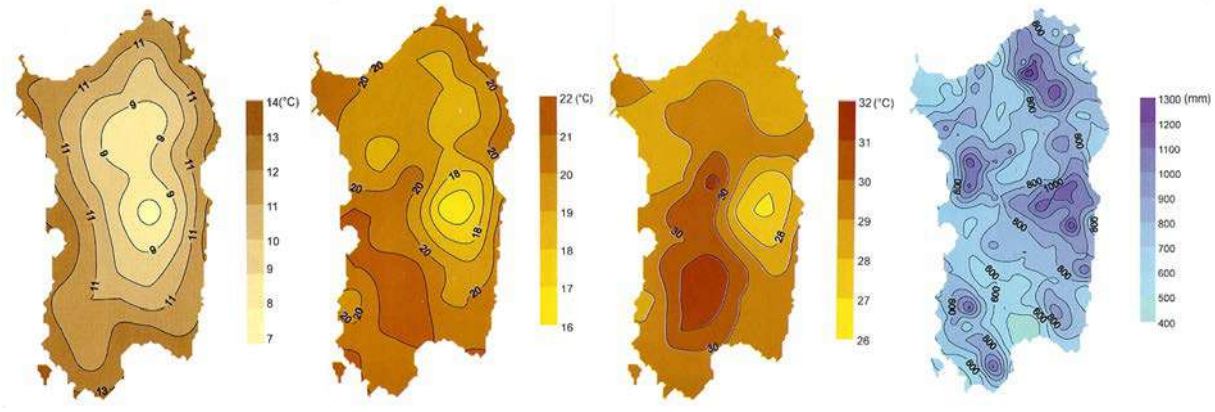


Figura 2. Tendência da temperatura e precipitação média anual da Sardenha. A partir da esquerda: as temperaturas mínimas médias anuais (°C), temperatura máxima anual (°C), temperaturas máximas registadas em agosto (°C); chuvas tendência anual (mm). (Fonte: Chessa e Dalitala, 1997).

Como afirmado pelo Fodde (2004, p. 43), na Sardenha

> *a falta de duas temporadas médias reais e a presença de temperaturas altas no verão, certamente influenciaram [...] o uso dos 'ladiri'[...] O emprego da terra como material para construção é certamente devido ao fato que este era o único material disponível localmente na planura do Campidano*.

Esta profunda relação, entre arquitetura e geologia do solo, tem sido bem pesquisada nos últimos anos, graças às investigações realizadas pelo Centro de Estudos da Arquitetura de Terra Regional do DICAAR e recolhidos, em parte, no Manual Temático da Terra Crua (Achenza e Sanna, 2010). Da leitura dos mapas regionais geológicos da Ordem dos Geólogos da Sardenha[6], o solo dos Campidani de fato consiste, principalmente, por depósitos quaternários, ou seja, cascalho, areia, silte, argila e depósitos aluviais, que resultaram em áreas baixas de uso predominante para agricultura. A abundante presença de terras no local, juntamente com uma condição climática ideal, baseada na constante presença de vento e sol, guiaram, portanto, numa forma natural, os trabalhadores vernaculares para usar o adobe como principal técnica construtiva local. A sobreposição dos mapas da *Técnica da alvenaria* e das *Formas tipológicas dos edifícios rurais*, elaborados por Baldacci (1952), revela, mais uma vez de forma inequívoca, a correspondência perfeita entre a arquitetura e o contexto como profunda expressão da identidade dos Campidani (Figura 3).

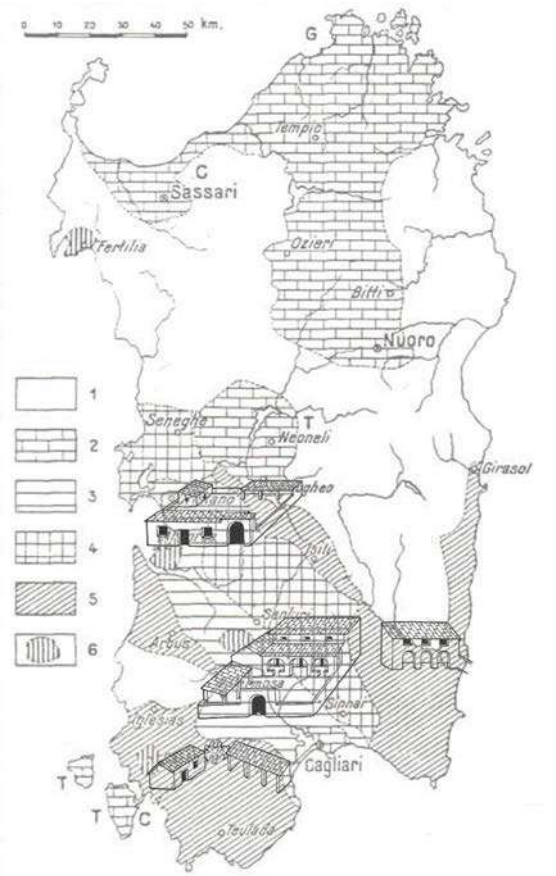


Figura 3. Sobreposição dos mapas das *Técnicas da alvenaria* e das *Formas tipológicas dos edifícios rurais* do Baldacci (1952). A numeração indica as técnicas de construção usadas em diferentes áreas da região: 1. rochas e pedras não quadrados; 2. pedras quadradas; 3. adobe 4. adobe e pedra 5. idem com a prevalência de pedras 6. tijolos queimados.

As técnicas relacionadas com a utilização do tijolo de terra (adobe) foram aplicadas, principalmente, na construção da casa com pátio, que é extremamente difundida na área do Mediterrâneo. Estudos desenvolvidos ao longo dos anos sobre esta solução tipológica tradicional local, já reconhecida como tal nas descrições pelos estudiosos do século XIX, revelaram a articulação do modelo tipológico básico em várias configurações, capazes de juntar as necessidades climáticas e ambientais aos requisitos funcionais e costumes sociais das diferentes sub-regiões históricas dos Campidani (Atzeni em Sanna, 2009).

3. AS LIÇÕES VERNACULARES DAS CASAS DE TERRA DOS CAMPIDANI

Técnicas de construção e composição, aplicadas transversalmente às diferentes soluções tipológicas vernaculares, ainda hoje carregam consigo algumas 'lições' extremamente contemporâneas, em que é possível reler não só em termos da sua grande atenção para o clima, mas mesmo para o uso limitado dos recursos locais. Os eventos relativamente recentes sobre a arquitetura sustentável podem encontrar, nestes exemplos, um grande apoio, não só em relação à compreensão e à preservação das técnicas, mas na reaplicação desse conhecimento, de forma adequada aos tempos, no projeto contemporâneo. Com este objetivo, são apresentadas a seguir algumas das principais estratégias 'bioclimáticas' identificadas nas casas com pátio de terra dos Campidani. O trabalho, que ainda está num estádio inicial de partida, identificou algumas destas 'boas práticas' de projeto por algumas fontes autorizadas da literatura científica, histórica e contemporânea. O método aplicado até agora recolheu e catalogou, pela leitura dos textos relacionados, algumas indicações 'bioclimáticas' interessantes, tanto para o tipo adotado como para as práticas construtivas adotadas.

Com relação ao tipo, a literatura científica disse muito nos últimos anos sobre o comportamento microclimático dos edifícios com pátio. Todavia, podemos resumir nos pontos a seguir as principais características dos edifícios bioclimáticos dos Campidani: – a presença de um pátio 'amplo' em relação à altura dos prédios faz com que esta configuração não permita explorar a diferença de pressão entre o ar quente e ar frio, que se cria nos pátios 'estreitos' e 'profundos', mas ao contrário deles, utiliza a troca de calor por convecção como o sistema de arrefecimento passivo principal (Chow e Chastain, 1999).

- A presença constante dum pórtico ('sa lolla'), colocado ao longo da frente principal do edifício, indicado pela maioria dos estudiosos como 'filtro bioclimático' e também usado como meio de proteção contra o sol para o interior (Baldacci, 1952; Sanna e Angioni, 1988; Alvito, em Oliver, 1999; Fodde, 2004).
- A orientação preferencial da fachada principal do edifício e do pórtico para o sul. Esta técnica supera a escala do prédio para ter um impacto na escala urbana, onde: *a prática sistemática de orientar sul (sudeste e sudoeste) os edifícios residenciais [...] é uma invariante do assentamento das aldeias da terra"* (Atzeni e Sanna, 2010, p. 37).

No que diz respeito às 'boas práticas' da construção destas arquiteturas, a literatura evidenciou 'pontos' particularmente significativos, alguns destes foram resumidos a seguir e na Figura 4.

- ***Fundações/base.*** Técnica: Sistema baseado na utilização de material de pedra de espessura igual ou ligeiramente maior do que a da parede, a sua profundidade no solo pode variar, dependendo da orientação das fachadas (Achenza, 1999). Geralmente se projetam a partir do solo com um soco de altura variável com cerca de 50-90 cm. (Achenza, 1999; Sanna, 1990; Sanna e Atzeni, 2010).

Princípio bioclimático: combate à ascensão capilar da umidade na alvenaria.

Fontes:

> *[...] os dispositivos utilizados, que ocorrem principalmente na defesa do tijolo de terra crua do escoamento superficial e da ação erosiva dos ventos. O primeiro objetivo é alcançado pela construção de um embasamento rochoso de altura variável, 30-50 centímetros, que*

impede o contacto direto dos tijolos de terra crua a água, evitando o moer fácil (Baldacci, 1952, p. 66).

Durante a secagem dos tijolos procede-se à execução das fundações para a qual é usado geralmente material de pedra, unido por ligantes de terra. Tipicamente, estas estruturas não têm uma espessura maior do que a parede e a sua profundidade varia desde alguns centímetros, pelas paredes viradas ao sul, até 50-100 cm para as outras. (Achenza, in Bertagnin, 1999, p. 262).

A proteção ao térreo desta alvenaria, componente fundamental para a sua resistência e durabilidade, é realizado por pedra, quer na fundação quer no porão, projetado para trazer para fora o destaque da alvenaria de adobe (ladiri) até 50-90 cm. (Sanna e Atzeni, 2010, p.141).

A pedra é usada nestas estruturas (para as fundações e os porões n.d.r.) porque é o material disponível na natureza com a maior taxa de resistência à compressão, maior resistência à capilaridade da água e ao escorrimento. (Fodde, 1996, p.11).

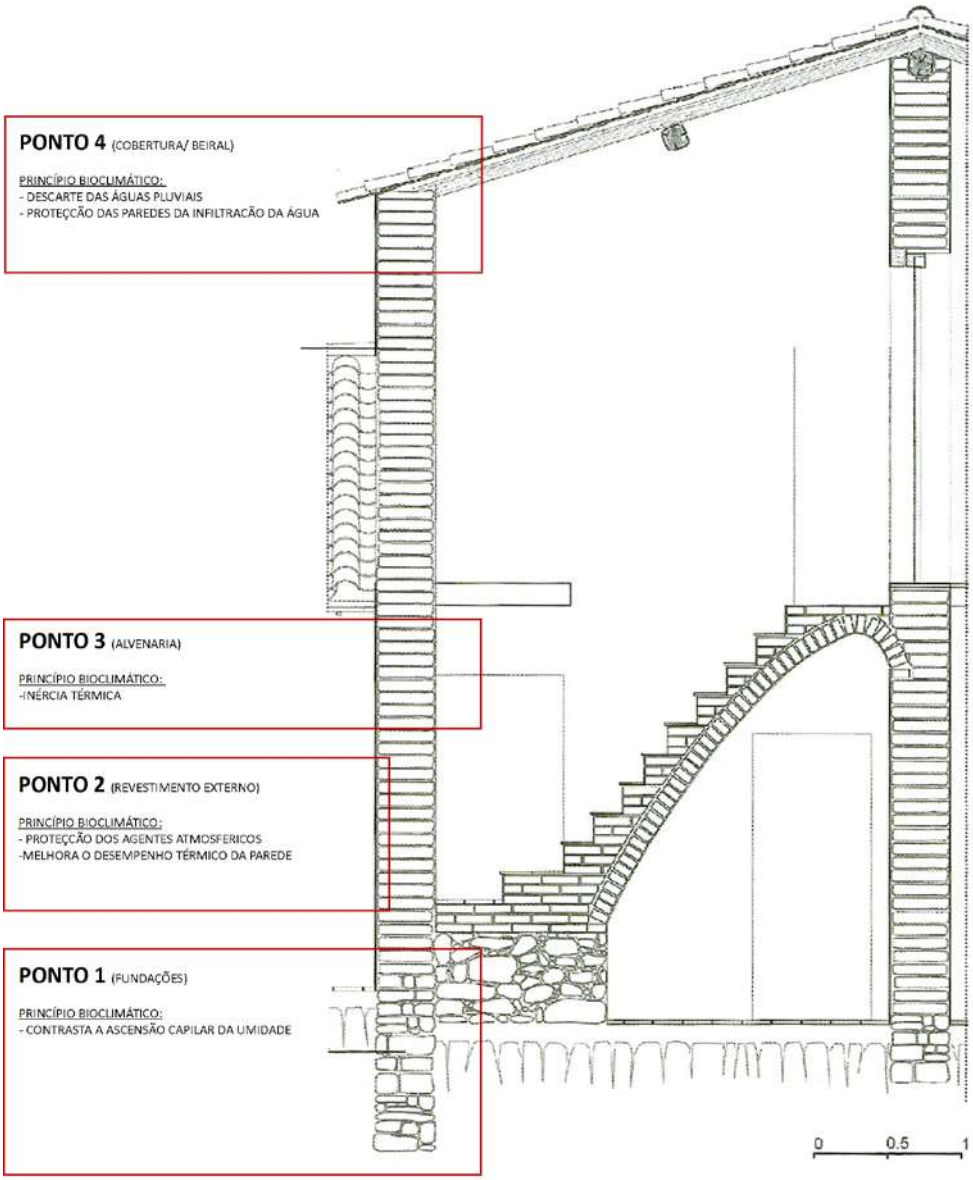


Figura 4. Algumas das principais lições bioclimáticas identificadas arquitetura vernacular dos Campidani e reconhecida na literatura científica. Na imagem são indicados os 'pontos' principais e os 'princípios bioclimáticos' ligados às técnicas usadas.

- ***Revestimento externo/interno.*** Técnica: uso do emboço nas paredes exteriores. Em alguns casos, podem ser adicionados à terra materiais naturais, disponíveis no local (palha, etc).

Princípio bioclimático: Sistema de proteção das superfícies mais expostas as intempéries. No caso das misturas com palha ou materiais naturais, graças às suas propriedades isolantes, melhora o desempenho térmico da parede e, por conseguinte, protege o interior.

Fontes:

[...] para neutralizar ação erosiva é usual rebocar a parede ou só a parte da casa que é mais exposta. (Baldacci, 1952, p. 66).

O reboco desempenha, no mundo das construções de terra crua, uma importante função protetora que, no passado era reservada, além das paredes interiores da moradia, às mais expostas à ação erosiva da chuva e do vento. (Achenza, in Bertagnin, 1999, p. 267).

Nessa sugere-se que às fundações de pedra seja aplicado um reboco de cimento (10 cm de espessura e 130 cm de altura a partir da superfície da estrada [...]). Deve notar-se que este tipo de revestimento para peças de alvenaria de terra na base era difundido, não só em torno de Cagliari, mas também em diferentes áreas do Campidano. Era claramente um sistema que se comportou muito bem para a ação combinada do vento e da areia, evitando assim quer a erosão das articulações da alvenaria afetada pela eflorescência, quer o efeito característico dos alvéolos e dos tafoni[7]. (Fodde, 2004, p.48).

Na área do Gerrei, a terra foi pesada e adicionada com esterco de vaca, porque lhe deu uma maior força de vínculo e maior coeficiente térmico [...] o uso da palha produz rebocos mais grossos e seu uso nas terras com alto teor de argila reduz o risco de fissuras. (Fodde, 1996, p.11).

- ***Alvenaria.*** Técnica: alvenaria a uma vez (espessura mínima a 40 cm). *"A espessura das paredes estruturais pode, em alguns casos, atingir 60 cm, porém só esporadicamente foram detetados exemplos de edifícios de três pisos, com uma espessura da parede de cerca 75 cm".* (Achenza, 1999).

Princípio bioclimático: inércia térmica.

Fontes:

Em geral na terra usada em Sardenha não há minerais caracterizados por particularmente baixos valores de condutividade térmica [...], permite-nos concluir que a terra em si não tem grande capacidade de isolamento térmico que, por outro lado, ocorre por causa da grande espessura e pelas aberturas limitadas normalmente presentes nas construções. (Atzeni e Sanna, 2010, p.16).

Com base nos resultados de uma pesquisa de campo realizada pelo Engenheiro G. Desogus. *"Os valores de transmitância medidos são em conformidade com os da literatura, há, no máximo, uma condutividade pouco menor que poderia ser devida à dosagem da palha [...]. O desempenho para o confinamento das cargas de energia do verão são excelentes. (Desogus, 2010).*

A análise do comportamento transiente da alvenaria de adobe evidencia a elevada inércia térmica do material, que confirma os dados que há na literatura científica sobre o assunto. O monitoramento de verão de um edifício construído com esta técnica, no centro histórico de um dos municípios do Médio Campidano em Sardenha, evidenciou as características de conforto térmico dos ambientes internos: onde não há elementos adicionais no envelope que são 'energicamente fracos' o ambiente analisado fica em classes de bem-estar de acordo com a UNI EN ISO 7730. A eficiência energética de inverno do caso em estudo é caracterizada por uma classe E, porém uma qualidade de categoria I e ótimas prestações especificam o comportamento de verão (DM 26/06/2009). (Di Benedetto, 2012)

- ***Cobertura/beiral.*** Técnica: o comprimento do telhado ultrapassa o limite da fachada em cerca de 60-80 cm. A saliência das telhas da cobertura ultrapassam cerca de 15-20 cm para além do limite da fachada.

Princípio bioclimático: drenagem das águas pluviais e proteção da parede contra a infiltração.

Fontes:

> *No tecto seguem-se linhas de telhas côncavas e convexas; quase em correspondência com a parede da fachada as telhas convexas terminam, porém as côncavas projetam-se aproximadamente 15-20 de cm para escoar as águas para solo sem tocar na parede. (Baldacci, 1952, p. 66).*

> *De acordo com as normas de boa construção de terra as saliências do telhado na tradição de construir não são menos que 60/80 cm, para proteger a parede inferior, da chuva e dos fenómenos de escoamento e das infiltrações. (Achenza, in Bertagnin, 1999, p.266).*

> *[...] a projeção mais simples com as telhas canal diretamente a projetar-se a partir do limite da parede elevada. Esta é a situação mais básica no âmbito da produção de construção civil 'madura' da área do Mediterrâneo. (Sanna, 1998, p.30).*

> *Esta é a maneira mais fácil para escoar as águas obtidas através da projeção, de cerca de 15 cm, das telhas canal [...] esta solução é particularmente difundida não só em todos os centros da terra crua, mas em grande parte da região, de qualquer modo é capaz de executar a sua função de forma satisfatória. (Atzeni e Sanna, 2010, p.255).*

4. CONCLUSÕES

As crescentes exigências de uma redução no consumo demonstraram a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento capaz de encontrar, nos recursos locais e no reforço da sua identidade, o motor de uma nova economia profundamente enraizada no território. Destas grandes instâncias da 'sustentabilidade', a arquitetura vernácula de terra traz consigo lições ainda hoje relevantes, que ligam o material e as suas técnicas de construção ao debate e ao projeto ecológico contemporâneo, superando a conotação negativa de pobreza que o abateu nos anos 60 (Achenza em Bertagnin 1999). De acordo com as palavras expressas pelo professor A. Sanna, de fato,

> *o caso das cidades de terra assumiu um valor de "fronteira" [...] Paradoxalmente, mas não muito, a terra crua situa-se numa fronteira entre o passado e o futuro, entre o atraso pré-tecnológico e novas explorações de questões contemporâneas da arquitetura sustentável. (Sanna, 2005, p.863).*

Os estudos recentes conduzidos sobre as características bioclimáticas desta arquitetura identificaram no processo de produção e nas técnicas tradicionais uma contribuição importante para a eficiência energética (Desogus, 2010), que estimularam nos últimos anos pequenas empresas locais para dar mais uma vez vida a pequenas produções de grande qualidade ligadas à tradição[8]. Neste contexto, portanto a participação do DICAAR ao projeto europeu Versus oferece uma oportunidade adicional para evidenciar as contribuições da sua arquitetura vernácula de terra para a conceção e a construção da 'arquitetura sustentável' no futuro, fortalecendo a ponte de comunicação entre vernáculo e o contemporâneo que torna extremamente presente as capacidades do passado para construção de um *habitat* em harmonia com o ambiente e os seus recursos,. Esta capacidade da arquitetura de terra, reconhecida e compartilhada em nível internacional, produziu nestes anos o *"Living Earth: Manifesto para o direito de construir em terra crua"*[9], cujas palavras expressam, melhor do que ninguém, algumas das considerações contidas no presente artigo:

> *[..] Dizemos que, portanto, em face das questões críticas relacionadas com a preservação do ambiente natural e da diversidade cultural e da luta contra a pobreza, o uso do material terra é indispensável e insubstituível. Exigimos o direito de construir com terra, porque*

cada ser humano tem o direito a uma habitação adequada às suas necessidades e aos seus recursos. Os assentamentos e o desenvolvimento urbano devem responder numa maneira sustentável a essa aspiração.

***Construir com terra** significa repensar, tanto no nível local como globalmente, o uso dos recursos do nosso planeta, combinando terra, água e sol num verdadeiro desafio técnico, cultural, social, económico e ambiental.*

***Construir com terra** significa defender o direito de usar um material de construção natural e ecológico, abundante, facilmente disponível e acessível ao maior número de pessoas possível, para que os pobres possam construir a sua própria casa 'com o que eles têm sob os pés'.*

***Construir com terra** significa promover os recursos locais, tanto humanos como os recursos naturais, a melhoria das condições de vida, valorizar a diversidade cultural e manter sistemas de apoio social para a construção e a manutenção do ambiente construído.*

***Construir com terra** significa utilizar um 'betão natural', que oferece uma real alternativa ecológica e económica aos materiais e processos de fabrico nocivos para o meio ambiente. […].*

AGRADECIMENTOS

Ao Governo Regional da Sardenha pelo apoio financeiro (Programa POR Sardegna FSE Operacional da Região Autónoma da Sardenha, Fundo Social Europeu 2007-2013 - Eixo IV Recursos Humanos, Objetivo l.3, Linha de Atividade l.3.1 "Avviso di chiamata per il finanziamento di Assegni di Ricerca ").

REFERÊNCIAS

M. Bertagnin, *Architetture di terra in Italia. Tipologie, tecnologie e culture costruttive*, Gorizia: EdicomEdizioni, pp. 251-270.

Achenza, M., Sanna, A. (1998). *Abitare la terra. Atti del Convegno di Villamassargia – Samassi*, 12-15 novembre, Cagliari: CUEC.

Achenza, M.; Sanna, U. (edited by) (2010). *Il manuale tematico della terra cruda*, in I Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, Roma: Ed. DEI, vol I.2.

Alvito, M. (1999). Campidano, em Oliver, P. (edited by), *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, Cambridge: University Press, pp. 1546-1547.

Atzeni, C. (2009) Culture abitative e culture costruttive. Em Sanna, A.; Ortu, G. *Geografie dell'abitare,* I Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, Roma: ed. DEI, vol 0.1, pp. 221 - 256.

Baldacci, O. (1952). *La casa rurale in Sardegna*, Firenze: Centro di studi per la geografia etnologica.

Bompam, E. (2012). *Doha, accordo al ribasso alla conferenza Onu sul Clima*. Disponivel em: http://www.ilfattoquotidiano.it/2012/12/08/doha-accordo-al-ribasso-alla-conferenza-onu-sul-clima/440268/.

Chessa, P.A.; Dalitala, A. (1997). *Il clima in Sardegna*, Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna (ARPAS), Sassari: Chiarella.

Chow R. E Chastain T. (1999) Courtyard: convenction cooling, em Oliver, P. (edited by), *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, Cambridge: University Press, pp. 464.

Desogus, G. (2010). I materiali tradizionali per l'efficienza energetica degli edifici: la terra, in *Efficienza energetica nell'edilizia. Tra innovazione e tradizione*, 20 aprile 2010, Cagliari, Disponìvel em http://www.ingegneri-ca.net/materiali/efficienza-energetica-edilizia.

Di Benedetto, *L' efficienza energetica dell'adobe: caso studio di una casa di terra monitorata nella stagione estiva*, in *Costruire con la terra cruda*, Pisa, 22 marzo 2012, www.isf-pisa.org

Fodde, E. (1996). *Materiali, Tecnologie e recupero dell'architettura din terra cruda in Sardegna*, Cagliari: SI.ME.Editore.

Fodde, E. (2004). *Architetture di terra in Sardegna: Archeometria e conservazione*, Cagliari: Aipsa Edizioni.

ICOMOS. (1999). *Charter on the Built Vernacular Heritage.*Mexico. Disponivel em http://ciav.icomos.org/index.php/charters-texts/charter-built-vernacular-heritage

Gamba, R. (2010). Architettura del Mediterraneo. Em *Costruire in Laterizio n°133.* Milano: Tecniche nuove, pp. 2-3.

Guillaud, H. et alii (2008). *Terra Incognita. Discovering European Earthen Architecture.* Lisboa*:* Argumentum*.*

Parlamento e Consiglio Europeo (2010). *Direttiva Europea 2010/31/CE sulla prestazione energetica dell'edilizia.* Disponìvel em http://eur-lex.europa.eu/it/index.htm

Presidenza della Repubblica Italiana (2006). *Decreto Legislativo 311/06 Linee Guida per la Certficazione Energetica degli Edifici.* Disponìvel em http://www.gazzettaufficiale.it/

Sanna, A. (2005). Il <recupero sostenibile> dei Centri storici in terra cruda del sud-Sardegna, in *Architectural Heritage and Sustainable Development of Small and Medium Cities in South Mediterranean Regions*, Proceedings of 1st International Research Seminar, Pisa: Edizioni ETS, pp. 861-869.

Sanna, A. (2010). Elementi di fabbrica e caratteri costruttivi, in Sanna A.; Atzeni C., (edited by) *Architettura in terra cruda dei Campidani*, *del Cixerri e del Sarrabus*, I Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, Roma: Ed. DEI, vol I.I, pp. 137-270

Sanna, A.; Angioni, G. (1988). *Sardegna*, in Guidoni E., *L'architettura popolare in Italia*, Roma: Laterza.

Torricelli, M. C. (2011). Una vision mediterranea per gli edifici a energia (quasi) zero. Em *Costruire in Lateriazio n°147.* Milano: Tecniche nuove, pp. 16-17.

Zhai, J. e Previtali J. (2010). Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and Energy performance evaluation. Em *Energy and Buildings n°42.* Amsterdam: Elsevier, pp. 357-365.

Notas

(1) Para mais informações ligar-se a http://www.esg.pt/versus/

(2) *<Esses elementos [os tijolos cruos, n.d.e.] são também chamados lardini, ladiri ou como detecta o Baldacci ladriri, ladiri, làdrini, lardi, ladri, ladaru. Todos estes termos derivam de qualquer modo a partir da unica origem latina later-lateris, nome posteriormente estendido na língua da construçoe para os elementos cozidos tambem.>* (M. Achenza, Sardegna: *su ladiri* e la casa *di terra* campidanese, in M. Bertagnin, 1999, pp.258).

(3) A origem do uso da terra crua na construção é traçada em qualquer momento antes da Idade do Ferro (IX-VIII aC.). Veja: M. Achenza, in Bertagnin, 1999, pp.251-53; U. Sanna e C. Atzeni, 2010, pp. 3-8; E. Fodde, 2004, p.35-43.

(4) A rede dos Municipios da terra crua foi formada em setembro de 1998 a Casalincontrada. No que diz respeito à região da Sardenha juntaram ao longo dos anos mais de 30 municípios, localizados principalmente nas áreas dos Campidani.

(5) Segundo a classificação do Köppen, por CSA é indicado um clima úmido temperado com um verão seco e muito quente (> 22°C nos meses mais quentes)

(6) Para mais informações ligar-se a http://www.geologi.sardegna.it/documentazione/cartografia-geologica/

(7) Os "tafoni" são vazios devidos à mecânica de erosão do vento ou depósitos de sal.

(8) Neste sentido evidencia-se, come exemplo, o "Klimahouse Trend 2012 award" pelo reboco 'Terravista' da empresa MatteoBrioni, http://www.matteobrioni.com/.

(9) http://www.terracruda.org/evento/abitare-la-terra-manifesto-il-diritto-costruire-terra-cruda

Currículo

Maddalena Achenza. Arquiteto e Doutora em Arquitetura, recebeu em 1997 o CEEA-terre no centro de Grenoble CRATerre, atualmente professora e pesquisadora da Universidade de Cagliari, membro do ICOMOS-ISCEAH. Membro de comités científicos nacionais e internacionais, autor de importantes publicações científicas sobre temas relacionados com a arquitectura em terra.

Ilaria Giovagnorio. Engenharia e Doutora em Arquitetura, nos seus estudos abordou a relação entre o desenho urbano e o conforto ambiental. Nos mesmos temas no 2010 ganhou uma bolsa financiada pela Região Sardenha que visa aos 'jovens investigadores'. Atualmente é pesquisadora na Universidade de Cagliari no DICAAR.

Leonardo G. F. Cannas. Engenheiro, estudante de doutoramento em 'Conservação do património arquitectónico e do meio ambiente' na Facultade de Engenheria e Arquitetura de Cagliari. Expresa seu preocupação para a investigação do assunto da recuperação dos edificios históricos particularmente sobre o 'retrofit' energetico.

CONSTRUCCIÓN CON TERRÓN

Alejandro Ferreiro, Jessica Mesones, Andrea Meynet, Nadia Muñoz, Bruno Palumbo, Catalina Radi, Gabriela Vázquez

Facultad de Arquitectura - Universidad de la República (Farq – UdelaR)
Br. Artigas 1031, Montevideo, Uruguay
Tel. +598 2400 1106/08 Fax +598 2400 6063
extension@farq.edu.uy

Palabras claves: Arquitectura vernácula, terrón, transferencia.

Resumen

Se denomina terrón tanto al trozo de tierra con pasto que es extraído del suelo para ser utilizado como mampuesto en una construcción como a la técnica que los utiliza para levantar un muro. Uruguay es uno de los pocos lugares en el mundo en los que se continúa construyendo con terrón, retomando y respetando las tradiciones constructivas.

El proyecto *enTerrón* promueve el rescate cultural y la difusión de esta técnica de construcción, mediante la transmisión directa por parte de conocedores de las tareas y procesos constructivos, especialmente campesinos del departamento de Maldonado. También se cuenta con el asesoramiento de la arquitecta Cecilia Alderton en ciertas instancias del proyecto. Alderton ha diseñado y construido una gran cantidad de viviendas de terrón en Uruguay.

Como parte del proyecto, se documentarán esas tareas y procesos durante la construcción de un pequeño refugio de campo en la Sierra de los Caracoles en el departamento de Maldonado y se generará un documento, a modo de manual, el cual sería la primera publicación sobre esta técnica en Uruguay. Este documento exige al equipo del proyecto una comprensión objetiva, una asimilación de las tareas, tiempos y materiales necesarios y un registro paso a paso de los mismos, generando un material preciso, técnico, accesible y fácil de comprender.

enTerrón fue concebido por estudiantes de arquitectura y tiene un enfoque integral y de participación abierta tanto a otros estudiantes como a personas en general interesadas en prácticas de bioconstrucción. El proyecto fue seleccionado en el llamado de Proyectos de Extensión y Actividades en el Medio del año 2012 de la Facultad de Arquitectura y para Actividades por parte del Servicio Central de Extensión de la de la Universidad de la República.

La presente ponencia sistematiza el ciclo de vida de la técnica del terrón a partir de una experiencia constructiva real, y busca generar conocimiento concreto sobre esta modalidad constructiva tradicional del medio rural uruguayo y establecer posibilidades de mejoras técnicas.

1- INTRODUCCIÓN

1.1- Antecedentes

> *Quiero caminar, solo caminar, con mis trastos sobre mi espalda, sin sandalias, pies descalzos, sentir el suelo vivo bajo mis pies y que este me sienta a mí, también vivo. Cambio súbito de simple desplazamiento a infinito diálogo, con el pasto, en quién busco la suavidad y el rocío, la tierra que me da la fertilidad y la vida, y la roca, cimiento robusto que sostiene mi andar. Pero no camino solo, otros caminan conmigo también descalzos, con sus trastos sobre sus espaldas, caminamos juntos, reímos juntos, compartimos la carga y la felicidad, cambio súbito de simple desplazamiento a infinito diálogo.* (Vaco, 2012).

Hoy en día, los conceptos detrás de la bioarquitectura se han difundido a lo largo del planeta, con mayor o menor éxito, procurando un acercamiento más amigable y directo entre el ser humano, el medio en el que se localiza y las formas en las que habita. Este tipo de arquitectura intenta ser consciente de los materiales que utiliza, de la relación aire - agua o de la relación lleno - vacío. Es por ello que actualmente muchas de las técnicas

devaluadas a partir de los procesos de industrialización, toman otra importancia y comienzan a ser objeto de estudio consciente de aquellos que consideran a la arquitectura como un todo.

Muchas de estas técnicas han sido erradicadas por el cuestionable concepto de insalubridad, a veces por causa de una mala práctica constructiva o de mantenimiento. Se entiende que el aumento de la población y la necesidad de solucionar problemas de vivienda reclama comprender estas tecnologías olvidadas por la academia, como camino de investigación para lograr mejorar los procesos y resultados constructivos. Es conocido que desde los años 80 del siglo XX, muchos centros académicos de Europa y América, se han esforzado por incorporar a estas técnicas vernáculas nuevas tecnologías y procesos que minimizaran las desventajas que presentan a nivel estructural o de terminaciones.

En Uruguay, en los últimos 10 años se han dado algunos cambios en la enseñanza de la arquitectura con tierra y en los canales de financiación para la investigación académica sobre el tema. A partir del año 2002, se desarrollaron algunos proyectos universitarios que funcionaron como nuevos difusores de la construcción con tierra en Uruguay. Se trató de los proyectos de investigación PDT 16/14 («Proyecto Hornero») y PDT 16/15 («Montaje de prototipos de vivienda») ejecutados entre los años 2004 y 2006. Estos proyectos financiados por el Programa de Desarrollo Tecnológico incluían tanto la construcción de prototipos como talleres de capacitación y actividades de transferencia tecnológica que involucraron gran cantidad de personas en todo el país. "*(…) A partir de 1997 la Facultad de Arquitectura en Montevideo comenzó a incluir en forma lenta pero firme la construcción con tierra y otras tecnologías alternativas dentro de la asignatura de Construcción II. Otro hecho destacable es la primera conferencia de Hubert Guillaud dictada en Uruguay en el año 2000*". (Ferreiro, 2010, p.12).

Si bien los trabajos sobre construcción con tierra se habían incorporado tímidamente a la curricula en instancias teóricas y prácticas, cuando surge el Proyecto Hornero en el año 2002 impulsado por estudiantes, este se convirtió en una referencia en lo referido a la construcción con tierra durante el período 2004-2007 debido a la generación de un vínculo entre la Universidad y el medio y la materialización de un elemento concreto y tangible; la capacitación de estudiantes desde lo teórico y desde lo práctico en un ámbito de enseñanza extracurricular y la difusión realizada desde los canales de comunicación académicos y desde medios masivos de comunicación (Proyecto Hornero, 2007, p. 20). Los proyectos PDT mencionados anteriormente dieron lugar a dos publicaciones, «Proyecto Hornero» (2007) y «Casas de tierra» (2008), que junto a «Manual de construcción con adobe» (1997) y «Arquitectura con tierra en Uruguay» (2010), constituyen los únicos textos elaborados en este país sobre construcción con tierra.

> En términos generales se puede concluir que *en el diseño y en la etapa de proyecto, se detecta que actualmente la formación se debe a impulso individual debido a la falta de cursos curriculares dentro de ámbitos académicos formales. Sin embargo se destacan algunas experiencias regionales como la desarrollada en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Tucumán o los cursos desarrollados en Uruguay desde el año 1995 en el marco de la Unidad de Educación Permanente de la Facultad de Arquitectura de Uruguay.* (Etchebarne et al, 2008, p.9).

1.2- Proyecto *enTerrón*

Es con estos antecedentes que surge en 2012, a iniciativa de estudiantes de arquitectura, el proyecto que se identifica como *enTerrón*[1] y que es objeto de este artículo.

Los objetivos generales son el rescate cultural y la difusión de la técnica de construcción con terrón e investigar en sitio sobre bioarquitectura con instancias de intercambio activo y espíritu crítico. Los objetivos específicos son la organización de instancias prácticas de construcción, participativas e interdisciplinarias y la generación de un documento audiovisual sobre los pasos y procesos de la técnica del terrón.

El proyecto propone ese rescate cultural del terrón, el cual como técnica está siendo dejada de lado por diferentes motivos aunque algunos sectores de la población rural de Uruguay la conserva y practica actualmente. Las instancias prácticas se realizan en una pequeña construcción destinada en un futuro a ser un refugio de campo. Se cuenta con la capacitación del Sr. Darío García, poblador de la zona de Aiguá, de origen campesino y conocedor de la técnica y con el asesoramiento de la Arq. Cecilia Alderton, profesional que lleva más de 25 años estudiando y construyendo viviendas contemporáneas de terrón. El proyecto propone la documentación detallada de los pasos para la construcción apelando al registro de la tradición oral y como elemento de difusión posterior. El equipo principal del proyecto esta conformado por estudiantes avanzados de arquitectura con el apoyo docente del Arq. Alejandro Ferreiro, de la Cátedra de Arquitectura y Tecnología de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República y de la Arq. Inés Sánchez, docente de Anteproyecto de la misma Facultad y de la Escuela Universitaria de Diseño Industrial.

El objeto de práctica constructiva es un refugio de campo para visitantes, localizado en el emprendimiento Hábitat Permacultural, en Sierra de los Caracoles en una zona rural del departamento de Maldonado, entre las ciudades de San Carlos y Aiguá. Hábitat Permacultural[2] es en si mismo un proyecto más amplio, dentro del que se inserta *enTerrón*, y consiste en una granja autoeficiente, con una vivienda bioclimática diseñada para implementar sistemas sostenibles y culturalmente apropiados, creando un espacio de formación permanente. En la zona se desarrollan varios emprendimientos y actividades relacionadas con el cuidado del medio. En las Sierras se implanta un Parque Eólico, se pueden encontrar múltiples montes nativos protegidos, se realizan actividades de ecoturismo y actividades productivas. La zona además está incluida en el denominado Arco del Sol, impulsado por la Intendencia de Maldonado, que promueve el turismo en un circuito turístico que recorre la costa adentrándose en el paisaje rural, como parte de la promoción de los paisajes culturales del Uruguay. Hábitat Permacultural está apoyado por la Dirección Nacional de Medio Ambiente.

El refugio es una construcción pequeña de 40 m^2, que cuenta con una sala y un baño además de algunos espacios exteriores (figura 1). La función del mismo será dar alojamiento temporal a los visitantes del proyecto Hábitat Permacultural.

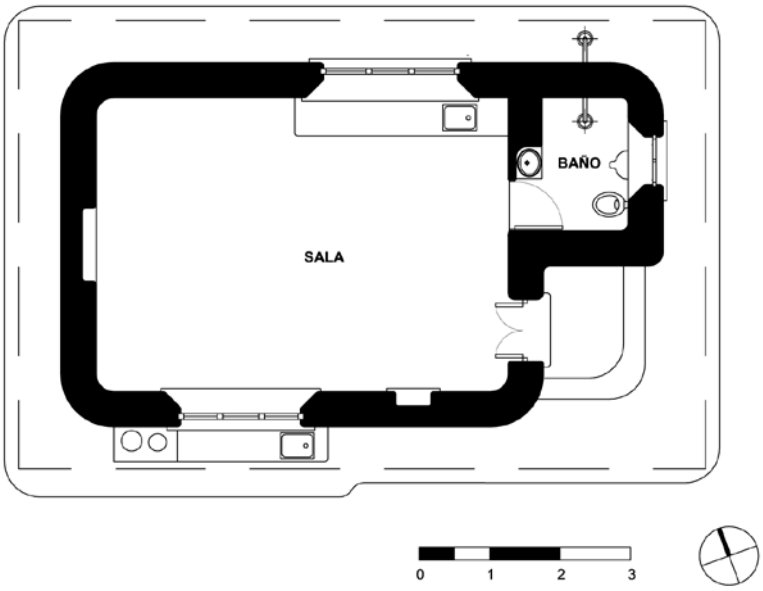


Figura 1. Planta del refugio de campo en Sierra de los Caracoles, Maldonado.
Ilustración del proyecto e*nTerrón,* 2013.

Las actividades prácticas están orientadas principalmente por los estudiantes que forman parte del equipo de proyecto y las mismas se desarrollaron durante la segunda mitad del año 2012 y durante 2013, totalizando al momento ocho jornadas prácticas con participación de 150 personas. Las actividades han sido y seguirán siendo gratuitas y abiertas tanto a

otros estudiantes como a constructores, autoconstructores y vecinos del lugar. El espíritu de las actividades es el de aprender haciendo. De este modo, los participantes tienen la oportunidad de ejecutar todas las tareas constructivas, desde la excavación de zanjas para la cimentación hasta el corte y posicionado de los terrones, colaborando también con el equipo de proyecto en algunas decisiones a pie de obra, como ser, por ejemplo, la determinación de las zonas de extracción de los panes de pasto.

El objetivo último es la generación de un conocimiento permanente y útil a través de la práctica real a modo de *obra escuela*. En lo que refiere a la enseñanza y al aprendizaje de la construcción con tierra, no es sencillo separar el saber del hacer, ya que muchas veces en el acto de hacer es posible comprender mejor los procesos y las características constructivas. La arquitectura es un fenómeno espacial y material y por ello la importancia de la experimentación directa ya sea por curiosidad o por convicción. La relación humana de la práctica del hacer en tecnologías que utilizan a la tierra como material de construcción, propone una comunicación intensa entre personas y la necesidad de una construcción colectiva. Los involucrados no necesitan tener alto grado de conocimiento previo, lo que permite que muchas personas puedan ser partícipes. A su vez esta característica permite que tanto aquellos que conocen sobre el tema en forma empírica y estudiantes que aporten desde un punto de vista académico, puedan generar una postura crítica a partir de la experiencia. Se generara así un proyecto integrador de la teoría y de la práctica, del saber intelectual y el saber popular del medio rural.

Según Mingolla et al (2011), este tipo de práctica –*obras escuela*- se debe desarrollar en una construcción que luego será habitable y que no constituirá un mero elemento constructivo parcial, un taller general en el que los participantes asisten e intervienen en todas las instancias de la construcción y aprenden haciendo. El ámbito donde esto se desarrolle generaría una interrelación de diferentes actores, de naturaleza variada y heterogénea, funcionando como un verdadero equipo de trabajo y generando un espacio de exhibición de otras formas de construcción que queda a la vista para su replicabilidad.

El desarrollo de las actividades del proyecto *enTerrón* durante la segunda mitad de 2012, fue posible mediante una financiación parcial de la Facultad de Arquitectura (Universidad de la República), ya que el proyecto fue seleccionado en el llamado de Proyectos de Extensión y Actividades en el Medio 2012 de esta Facultad. A pesar de esto, *enTerrón* no se inserta formalmente en ninguna línea de investigación actual de la Facultad de Arquitectura, aunque intenta ser un aporte a los trabajos sobre construcción con tierra iniciados por la Arq. Rosario Etchebarne y su equipo en la Regional Norte de la Universidad de la República y al trabajo de los estudiantes que formaron en su momento Proyecto Hornero, documentando en este caso una técnica como la del terrón, que se encuentra registrada en todo su proceso. En cierto modo, el proyecto también se encuadra en otros trabajos como los desarrollados en 2008 sobre talleres de capacitación entre cuyos objetivos generales se planteaba:

> *(...) rescatar el patrimonio intangible de saberes populares que ha utilizado la tierra como material de construcción y como identidad cultural regional y reactualizarlo desde una perspectiva científica y contemporánea, posicionar a la arquitectura y construcción con tierra como una solución válida para los problemas habitacionales, aprovechando los recursos locales y apostando por un desarrollo local sostenible y sensibilizar sobre las características y cualidades del material.* (Etchebarne et al, 2008, p.9).

2- TERRON

2.1- Definiciones y consideraciones generales

Se denomina terrón, al mampuesto en sí (trozo de tierra con pasto), y a la técnica constructiva que implica apilar los mampuestos uno sobre otro en el muro. La construcción con terrón, es una técnica tradicional ancestral. Por su facilidad de ejecución, puede ser utilizada por mano de obra no especializada. Se realiza con las manos y una herramienta

simple: pala chata y afilada. No lleva procesos de producción, no consume energía y no contamina. El material se encuentra disponible en la naturaleza. Da como resultado edificios fuertes, sanos y durables. (Alderton, 2005, p. 2).

La técnica de terrón puede ser identificada con distintos nombres en español dependiendo de la zona en la que se encuentre: champa o chamba en Argentina y Ecuador, terrón en Uruguay y también Argentina, tepe en Bolivia o tepetate en México (Viñuales et al, 1994). En países no hispanos la técnica se denomina gazon en Francia, sod o soddies en Estados Unidos, mergel en Holanda o turf en Gran Bretaña entre otra gran variedad de nombres (Guillaud, 2001).

Se puede clasificar al terrón como una técnica constructiva de albañilería donde los trozos de tierra son utilizados como mampuestos para levantar un muro monolítico. Los anchos utilizados tradicionalmente, que pueden llegar a los 60 cm, le otorgan al muro una gran capacidad portante pudiendo prescindir de una estructura auxiliar de pilares y vigas de madera por ejemplo. Sin embargo, dada la dificultad en establecer valores de cálculo confiables para proyectos de gran escala, se utiliza esta estructura auxiliar además de tener como ventaja el hecho de independizar la cubierta para trabajar bajo techo mientras se ejecuta el muro.

Una característica importante es que la tierra que se utiliza no es estabilizada, como puede ser el caso de otros sistemas monolíticos como el cob u otros sistemas de mampostería como el adobe o los bloques de tierra comprimida (BTC). La tierra utilizada es la del primer horizonte de suelo, el horizonte llamado A, es decir, tierra orgánica. Si bien esto último puede ser objetado, dado que se utiliza tierra fértil y se disminuye el área productiva del terreno donde se extrae, se debería tener en cuenta algunas pautas para la reflexión. Las condicionantes geográficas, humanas y económicas deben ser evaluadas como un todo para poder determinar si es oportuno o no utilizar el terrón como técnica constructiva. Otra variable a tener en cuenta es la localización de la obra: si las distancias a los centros poblados son muy importantes, el traslado de materiales para la estabilización del material tierra y poder aplicar otras técnicas como el adobe o el BTC, puede encarecer el proceso.

En predios rurales de gran superficie, el área de terreno en donde se extrae la tierra puede ser mínima en relación al área que continúe funcionando como zona de producción. Además, como se detallará más adelante, se pueden tomar precauciones para devolver al sector de extracción las propiedades orgánicas a mediano plazo. En general, las mejores zonas para el corte del terrón están próximas a cañadas, arroyos o tajamares, es decir, zonas con cierto grado de humedad donde la actividad productiva es más acotada.

No se busca aquí una justificación válida para todas las situaciones, sino dejar en claro que no siempre la extracción de terrón para su uso en la construcción tiene por qué significar la pérdida de área productiva. En todos los casos y en todas las actividades que el hombre desarrolla sobre el planeta, se produce una modificación y un impacto en el medio donde se inserta. La clave está en detectar de forma consciente las posibilidades para que dicho impacto sea el menos significativo.

En los registros de la pintura uruguaya, artistas como Juan Manuel Blanes, Pedro Figari o José Cuneo[3], estamparon imágenes de la vida rural uruguaya, que incluía tanto a sus pobladores como sus actividades y sus construcciones. Muchos de los lienzos y cartones costumbristas que Juan Manuel Blanes realiza a partir de 1864, representan y plasman la imagen de gauchos y paisanos. En el caso de Figari, las raíces están presentes, tanto en su discurso teórico como en su pintura, y logra introducir entre las élites europeas, un sistema figurativo americanistas, a través de pautas geográficas, antropológicas y costumbristas de cierto universo regional rioplatense. En el caso de Cúneo, a partir de 1930 se establece en algunas ciudades del interior de Uruguay y comienza su serie de ranchos, lunas y acuarelas del campo uruguayo[4].

Dentro de los registros escritos, se destaca un artículo de 1917 publicado en el Almanaque del Labrador del Banco de Seguros del Estado titulado «El rancho», el cual es ciertamente revelador, no tanto por la descripción sino por los conceptos que maneja, reconociendo

desventajas en la tecnología constructiva –y sobre todo siendo muy crítico en el uso y en la higiene de quienes lo habitaban- pero apostando por ella dadas las ventajas térmicas, comprendiendo el uso que se le daba al rancho en el medio rural como habitación transitoria para una zafra de trabajo.

La crítica de su autor, el Dr. Mateo Legnani destaca los siguientes aspectos en el Uruguay rural de comienzos del siglo XX:

> *El rancho viene á ser deficiente en general, malo para el chacarero y pésimo para el aldeano, como lo demostraré en breves párrafos; y estas afirmaciones (…) no implican contradicción con mi consejo de transigir y limitar la acción de este Congreso á mejorar la habitación que constituye el principal objeto de este análisis. (…) Naturalmente que el higienista debe aconsejar como perentoria imposición, que se legisle sobre las condiciones higiénicas del rancho, y aunque se le consienta y autorice, exíjaselo alto y amplio, bien ventilado, iluminado, repartido, ubicado, orientado, defendido, provisto de abundante agua potable y alejadas de él las causas de contaminación (…) El rancho es habitación que debe ser admitida para el paisano como suficientemente higiénica, sin que esto importe no corregirla y, muy al contrario, en el entendido imprescindible de que su construcción y su conservación sean sometidas á las disposiciones higiénicas que emanen de las autoridades científicas del país.* (Legnani, 1917, p. 308).

El artículo establece que el rancho presenta algunas ventajas.

> *(…) En invierno, el calor de su atmósfera interna no es irradiado; ni el viento (…) tampoco influye mucho sobre las gruesas paredes y el techo. Los rayos solares directos que bañan al rancho en verano, no lo transforman en un horno, como pudiérase prejuzgar, y mantiénese fresco en razón de idénticas causas. (…) Es menester que el rancho sea grande, amplio, en la totalidad de los casos, más altos sus pisos que el pavimento exterior, (…) para que, al final de cuentas, el rancho llegue á constituir una buena habitación ó una habitación pasable.* (Legnani, 1917, p. 306)[5].

El Almanaque del Labrador, publicación de la que fueron extraídos los textos de los párrafos anteriores, puede ser útil como herramienta para inferir un punto de inflexión en los modos de construcción en el medio rural. Este Almanaque publicado por primera vez en 1914, constituyó originalmente un elemento de promoción de los servicios de seguros estatales para cosechas pero incorporando entre sus páginas artículos sobre higiene, buenas costumbres, cuentos y una buena cantidad de recomendaciones para las tareas cotidianas en el medio rural[6]. Dentro de los temas se incluye cada año, desde las primeras ediciones, artículos sobre vivienda rural. A modo de resumen, esta serie de artículos vistos con cierta visión histórica, permiten esbozar la preocupación por el tema de la vivienda rural, la valoración de las viviendas de tierra a comienzos del siglo XX por sus ventajas térmicas y económicas, reconociendo su problemática pero impulsando su mejoramiento desde un punto de vista higienista, pasando por un período de negación de este tipo de viviendas, coincidiendo con el período de posguerra y llegando a la actualidad, coincidentemente a comienzo de un nuevo siglo, con la revalorización de la tierra como material de construcción. En los últimos años han aparecido artículos que tratan sobre este tema desde una perspectiva contemporánea aunque con un enfoque más revisionista que propositivo, comparándolos con los textos publicados en las primeras ediciones del Almanaque[7].

2.2- La técnica

Algunos puntos importantes para elegir correctamente el sitio de extracción de los terrones son la humedad que posea el suelo y la presencia de pasto corto con raíces superficiales. La zona de extracción debe ser próxima a la implantación de la obra de manera de facilitar el transporte, que constituye probablemente el trabajo más engorroso que presenta esta técnica ya que un terrón puede pesar entre 15 kg y 20 kg.

El mayor grado de humedad que contenga el suelo facilitará la extracción en tanto se pueda extraer el terrón sin que se desarme por exceso de agua. Los lugares habitualmente más húmedos son las zonas bajas del terreno, en general próximos a algún curso de agua. Por

esta necesidad, no es conveniente realizar el corte en verano ya que existen más probabilidades de que la tierra se encuentre seca. Además de dificultarse el corte por la resistencia del suelo, los terrones tienen más posibilidades de desagregarse. Si la tierra está muy seca se puede regar un par de días antes para agregarle humedad, aunque esta solución no es recomendable como práctica sistemática ya que el agua constituye un recurso muy valioso.

La presencia de un pasto corto en el terreno significa raíces poco profundas que generan una trama densa próxima a la superficie, lo que confiere al terrón una suerte de red o malla que lo mantiene compacto. Un terreno con pastos largos implica que existen raíces profundas. A los efectos de conseguir un buen terrón esto ultimo no es recomendable ya que al cortar y extraerlos se corre más riesgo de que se desarmen. Una manera de aprovechar el terreno, aunque el pasto sea largo, es cortarlo, esperar a que crezca, cortarlo nuevamente, y así varias veces hasta que la tierra quede con raíces superficiales en lugar de profundas. Es recomendable extraer terrones de lugares donde se realiza pastoreo, ya que además de que los animales se ocupan de mantener el pasto corto, con su propio peso generarán una compactación de la tierra para conformar un terrón más denso y resistente. La zona de extracción debe asegurar características similares para todos los terrones en cuanto a la humedad que posean y el largo de las fibras.

Como se indicaba en el apartado 2.1 sobre definiciones y consideraciones generales, el hecho de utilizar la tierra del primer horizonte de suelo, muchas veces constituye una de las mayores críticas a la técnica del terrón ya que se argumenta que utilizar esa tierra fértil implica la pérdida de área productiva destinada a cultivos. A pesar de esto, se puede tener en cuenta algunos cuidados durante y posterior al corte del terrón. Por ejemplo es recomendable dejar paños o fajas sin cortar dentro del sector de donde se sacan, ya que esto facilitará que la vegetación existente se expanda más rápido y ayude a retener el suelo que quedó desprotegido ante la ausencia de fibras. Estos paños o fajas deberán ser en sentido de las curvas de nivel para poder reducir la velocidad del agua que pueda deslizar por pendiente y de esta manera minimizar la erosión por arrastre.

En la zona que queda sin vegetación se podría sembrar pradera, gramíneas y algún tipo de leguminosas como el trébol para minimizar el impacto. Otra posibilidad sería sembrar verdeo de invierno, como la avena que es de crecimiento rápido, o de verano como el maíz, el sorgo o el girasol y cortarlo antes que fructifique para luego colocarlo en el lugar sustituyendo al suelo quitado. También es posible colocar restos frescos de vegetales que no se utilicen en la preparación de alimentos formando una abonera en el terreno.

Es importante también considerar que si se va a quitar el suelo del horizonte A en otro sector del predio, donde vaya a existir caminos pavimentada o una piscina por ejemplo y que por algún motivo no sea apropiada para los terrones (poca calidad de las fibras vegetales, poca humedad, etc.), esa tierra podría trasladarse a la zona donde se cortaron los terrones a modo de reposición.

Otra posibilidad es utilizar la capa orgánica para obtener los terrones y las siguientes capas que suelen contener un componente de limos y arcillas mayores, ser utilizadas para los revoques y en la zona que quedó removido el suelo darle un uso nuevo, como por ejemplo, un tajamar.

Como se indicó en los párrafos anteriores, estas medidas ayudarían a minimizar el impacto de la extracción pero recuperar el suelo podría llevar 30 años o más y obviamente ninguna de las opciones descritas regenerarán el suelo original, al que su formación le insumió cientos de años. En el caso del refugio de campo que se está construyendo en el proyecto *enTerrón*, las posibilidades que ofrecía el suelo estaban condicionadas ya que algunos centímetros más profundo que la capa orgánica comenzaban a aparecer piedras. Esto dificultaba la extracción a mayor profundidad para obtener otro tipo de tierra para construir. Cabe recordar que el terreno donde se ubica el proyecto es en una zona de serranías al norte del departamento de Maldonado. A su vez, el sector de extracción se ubicó próximo a un tajamar y próximo a un camino de tierra que funciona como acceso al refugio.

Los materiales necesarios para el corte del terrón son sencillos y no se incluyen equipos o máquinas especiales: hilo, estacas de madera, maza, pala chata afilada, cinta métrica y calzado adecuado. Dentro de esta lista de elementos, la pala es el elemento fundamental. Debe ser recta, afilada, rígida y ser lo más liviana posible. La comodidad para manipularla dependerá, además del largo de su mango, de tener alguna lengüeta en la zona donde se apoya el pie, de modo de facilitar el trabajo de corte. Su ancho estará en el entorno de los 25 o 30 cm que será el ancho del terrón.

Con las estacas y el hilo se delimitará la zona de extracción considerando de hilo a hilo el ancho del muro que se construirá. La primera línea de terrones que se extraigan necesitarán un descalce lateral previo. El descalce significa la remoción de una zona longitudinal, externa al hilo, que facilite la extracción y que no se desgranen ni deformen los terrones. El descalce se realiza hincando la pala en posición opuesta al futuro terrón y realizando una palanca de modo de extraer un ancho de 10 cm de suelo y una profundidad igual a la de la pala. Una vez realizado esto en dos de los lados de la zona delimitada, se marcará el lado largo restante con la pala en posición vertical sin hacer palanca. Los hilos se removerán del lugar pero dejando fijas las estacas del lado opuesto del descalce, de modo de mantener la referencia de dimensiones, como se indica en la figura 2.

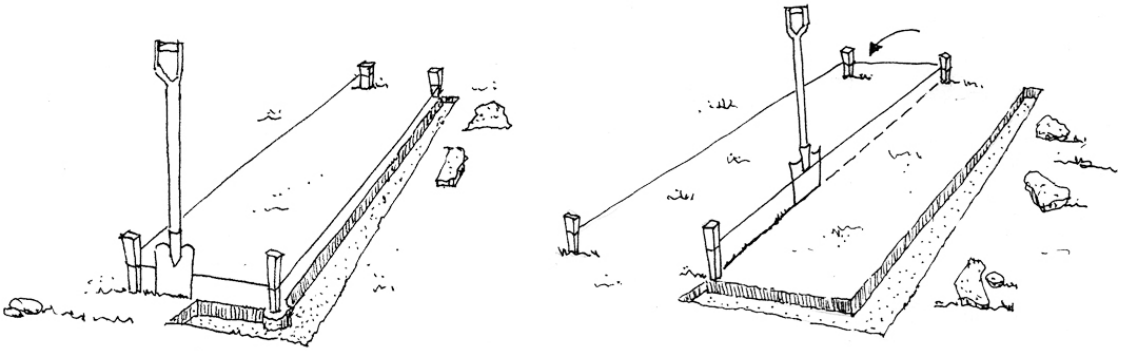


Figura 2. Descalce de terrones. Ilustración del proyecto e*nTerrón,* 2013.

Para cortar el terrón, se clava la pala en sentido oblicuo a lo largo para luego comenzar a hacer palanca y desprenderlo del suelo. Después de desprendida la cara inferior, se coloca el terrón de canto sosteniéndola con una de las piernas o con la ayuda de otra persona. Con la cara posterior de la pala se comenzará a emparejar la cara inferior del terrón, es decir la que no contiene el pasto, cortando el excedente de tierra hasta obtener una superficie lo más plana posible.

De esta manera el terrón está listo para ser utilizado. Es posible cortar todos los terrones de la faja delimitada, apoyándolos unos con otros en forma inclinada para su posterior traslado. Debe tenerse en cuenta que los terrones cortados deben colocarse en el mismo día y si los mismos están secos deben descartarse. El proceso de cortado puede verse graficado en la figura 3.

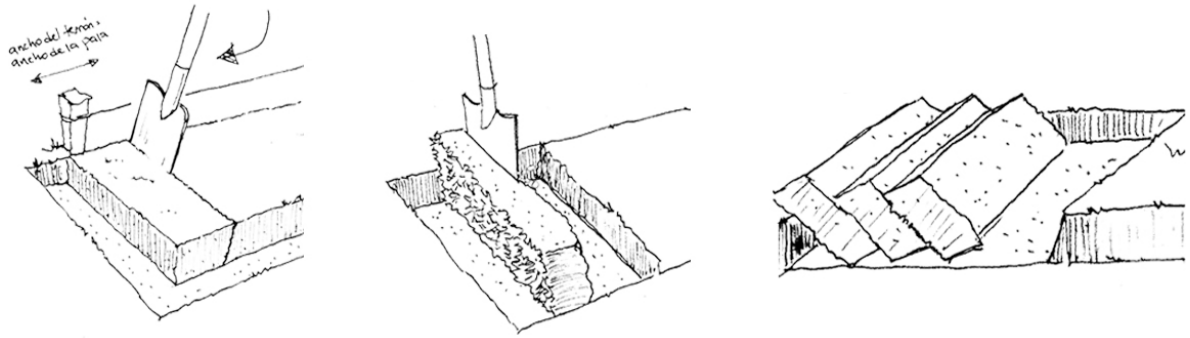


Figura 3. Corte del terrón. Ilustración del proyecto e*nTerrón,* 2013.

Para las siguientes líneas no será necesario el descalce, ya que los terrones extraídos previamente cumplirán esta función.

Si bien el trabajo lo puede realizar una sola persona, es conveniente un equipo de tres operarios. En caso de que haya más de uno realizando el trabajo de corte, las palas deberían tener dimensiones iguales para evitar diferencias entre los terrones que se extraen. El terrón debe transportarse sostenido verticalmente como quien traslada un bebé. En el caso de resultar muy pesado se puede construir una parihuela que es una especie de camilla de madera, la cual permite apoyar el terrón y llevarlo entre dos personas.

La colocación de los terrones en el muro conviene que sigan el mismo orden en que fueron extraídos, de modo de reconstruir en el muro el suelo extraído. Los terrones se colocarán con el pasto hacia abajo y con el lado oblicuo perpendicular al eje del muro. El hecho de invertir la posición original del terrón permite interrumpir el crecimiento vegetal y dotar al conjunto del muro de cierto entramado de protección y eventualmente un sustento del revoque de terminación (Viñuales et al, 1994). Las caras inclinadas aseguran un encastre correcto entre los mampuestos. Los terrones ubicados en las esquinas, serán los únicos que tendrán tres caras planas y una sola cara inclinada. Es importante que en este lugar los terrones estén enteros y si es necesario reducir las dimensiones se afinará el terrón anterior al esquinero.

Antes de continuar con la hilada siguiente, se emparejará la cara superior de la hilada ya acabada utilizando para ello la misma pala de corte, nivelando la superficie donde se apoyarán los terrones siguiendo la inclinación de las caras oblicuas tal como se aprecia en la figura 4. Los huecos que puedan quedar así como la junta entre mampuestos, se rellenan con la misma tierra que va quedando como residuo al emparejar efectuando suaves golpes con la pala sobre la superficie. La siguiente hilada se colocará sin ningún tipo de mortero de asiento, con las caras inclinadas opuestas a las de la hilada anterior. Los terrones se posicionarán a junta discontinua como manera de asegurar la traba.

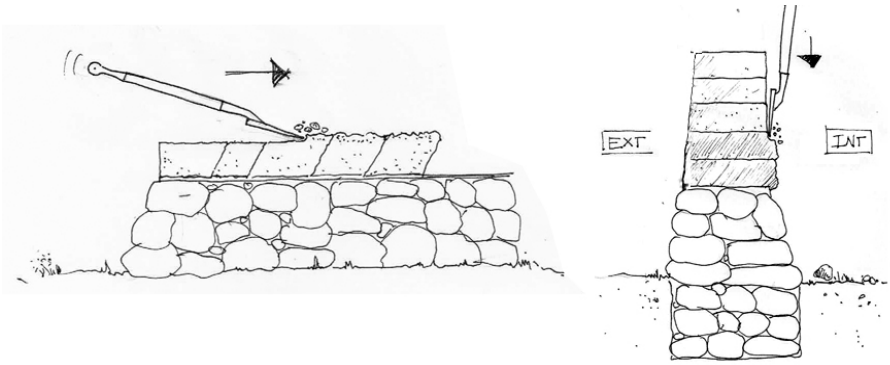


Figura 4. Emparejado de planos horizontales y verticales. Ilustración del proyecto e*nTerrón,* 2013.

El artículo del Dr. Mateo Legnani cuenta con una descripción detallada del modo de extracción y ejecución del muro de terrón, la diferencia más importante respecto a lo indicado en estos párrafos anteriores es que en la vivienda rural se carecía de cimentación. Esto implicaba un deterioro importante de la base del muro producto de la humedad natural del terreno y de las salpicaduras del agua de lluvia.

En el refugio que se construye para el proyecto *enTerrón*, la cimentación fue considerada como imprescindible desde el primer momento. La función de ésta, además de asegurar una descarga homogénea de la carga hacia el suelo, es separar la base del muro de la humedad y del agua de modo de asegurar una vida útil más prolongada. En este caso la particularidad se da por ser un cimiento corrido de piedras, sin el uso de hierros y utilizando cemento exclusivamente para la nivelación de su cara superior donde los primeros terrones se apoyan. Esta cimentación se adapta a los recursos materiales existentes en esta zona de serranías del departamento de Maldonado.

Sobre el suelo nivelado se va construyendo la pared (…) apilando los terrones unos sobre otros, húmedos aun, golpeándolos ó apisonándolos enseguida de colocados, para que adhieran recíprocamente y se llenen los intersticios, destruyendo á pala los relieves hasta que las caras externa é interna queden lisas (…) dotándolo de una base mas ancha que el espesor de la parte alta, un decímetro aproximadamente, lo cual, como se comprende, proporciona garantías de estabilidad (…). En las cuatro esquinas se acostumbra poner terrones más grandes y cruzados, sujetándolos por medio de riendas de alambre que van desde la solera hasta un palo de ñandubay enterrado á bastante profundidad (esquineros). Construido el muro, y desde luego dotado de las aberturas que corresponderán á puertas y ventanas, ó cuando todavía faltan colocar las dos ó tres hiladas superiores, la obra es detenida durante unos días, con el objeto de que la pared se oree, se seque, y se asiente, baje. Y recién entonces, cuando el maestro considera aquella pared lo suficiente afirmada, se procede á colocar el techo. (Legnani, 1917, p. 297).

La elevación del muro debe realizarse en forma lenta, subiendo como máximo tres o cuatro hiladas por jornada de trabajo, equivalente a unos 60 cm de altura. La cara interior se emparejará de modo de asegurar la verticalidad, utilizando la pala (figura 5). Como el ancho de la base debe ser mayor al ancho de la parte superior, la cara exterior se podrá ir rebajando para que esta cara quede con una pequeña inclinación hacia afuera.

Como solución en las esquinas, de modo que el terrón a colocar allí quede trabado con el resto, se le realiza a la cara plana interior un rebaje inclinado con la pala. Esto se practica a tantos terrones como sea necesario hasta alcanzar el mismo largo que el terrón que se colocará para continuar el muro.

Para resolver las zonas de vanos, se utiliza una solución similar colocando terrones paralelos al largo de muro alternando la siguiente hilada para asegurar la traba. Todas las aristas vivas que queden, ya sea en los quiebres del muro o en las mochetas de los vanos, conviene efectuar un redondeado con la pala para evitar que se desgranen.

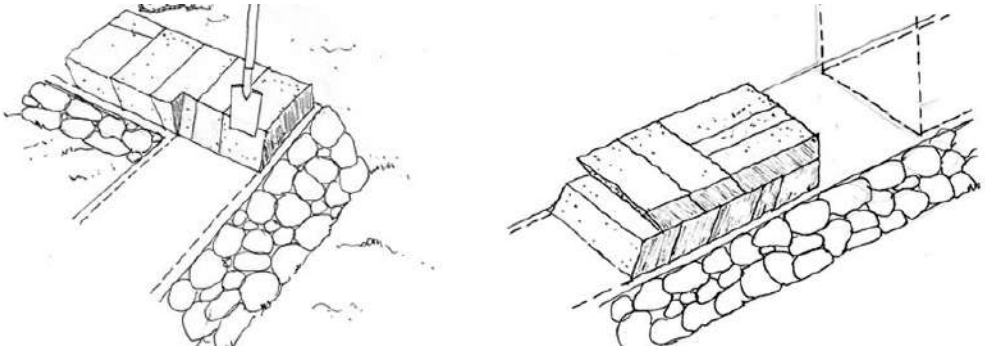


Figura 5. Solución de esquinas y vanos. Ilustración del proyecto e*nTerrón,* 2013.

La colocación de los terrones debe hacerse en forma continua, esperando a completar el perímetro completo antes de continuar con la siguiente hilada. De esta manera se asegura un comportamiento más homogéneo del conjunto del muro ya que al ser colocados con el nivel de humedad natural del terreno, se producirá un descenso debido a su propio peso. En los casos que sea posible tener algún elemento testigo, se puede marcar el nivel alcanzado en determinada hilada y comparar luego de varios días la distancia que descendió. Así se podrá tener un dato aproximado para establecer una altura final de muro que contemple el descenso y que los espacios interiores no sufran modificaciones de altura no previstos.

Algunos constructores tradicionales recomiendan que el muro durante su ejecución quede al descubierto y que sea expuesto a una lluvia moderada. Este lavado no debilita al muro sino que permite que se asiente mejor y que se hermanen aun más los terrones, de modo de obtener un elemento macizo y monolítico. El secado total del muro puede llevar un año completo. Luego, es importante hacer un revoque de tierra que deje la superficie lisa y libre de grietas y otorgar a los espacios interiores un acabado adecuado.

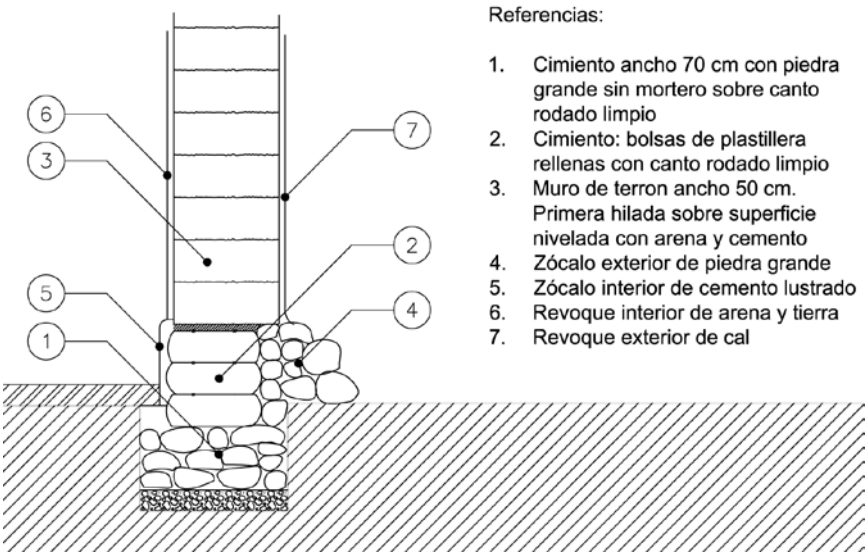


Figura 6. Detalle constructivo. Ilustración del proyecto e*nTerrón,* 2013.

3- CONCLUSIONES

Un buen diseño de arquitectura con tierra será aquel, que además de contemplar el medio físico en el que se implante, logre minimizar las posibles desventajas del material. Es importante comprender los ciclos de vida y poder ejecutar una construcción en concordancia con estos.

> *Lo importante es que en las zonas donde se estima que debe ser fomentado el uso de la tierra es en donde los pobladores tienen un conocimiento de él, sobre todo los de más edad. Ello da la posibilidad no sólo de construir hoy, sino de hacer un buen mantenimiento posterior, por la existencia de material similar y por saber cómo ha sido hecho el edificio. Así también en cada arreglo pueden incorporarse mejoras en el diseño y en las técnicas sin alterar el conjunto.* (Viñuales et al, 1994, p. 68).

En el caso de una construcción con terrón, la superficie de terreno necesaria para la extracción condiciona a la técnica a ser aplicada exclusivamente en un entorno rural. El transporte de los mampuestos constituye el trabajo más engorroso y desgastante y no el corte del suelo como puede suponerse, por lo que la ubicación de la construcción debe estar en función de una distancia razonable a la zona de extracción. La mano de obra que insume el trabajo es mucha pero no tiene porque ser especializada ni formada en la tarea ya que los procedimientos constructivos son relativamente fáciles y apropiables. El hecho de que el suelo no sea uniforme en toda la zona de extracción puede suplirse con el uso de terrones de características iguales por hilada, es decir, si el suelo presenta algún tipo de variación, no mezclar los terrones en una misma hilada. De esta manera se logrará igualar las propiedades en un perímetro continuo y se reducirá la posibilidad de que el muro descienda en forma diferencial.

Las ventajas que presenta la construcción de terrón frente a otras técnicas con tierra, se basan en que no requiere mortero de toma entre los mampuestos, no se necesita el uso de máquinas o equipos especiales, la ejecución del muro es inmediata una vez que se extrae el mampuesto ya que no hay tiempos de espera de estabilización ni de secado y no se necesita disponer de áreas de acopio techadas. En el caso del terrón, es evidente que el proceso constructivo es absolutamente artesanal y muy simple. Es decir, el material está disponible en el terreno y solo hay que reordenarlo y cambiarlo de posición para que cumpla una nueva función. Este carácter primitivo, de contacto directo con la tierra sin modificar, también le confiere al proceso un rasgo intuitivo y de conexión entre el hombre y el medio. Esto se pudo apreciar durante las jornadas prácticas de este proyecto, en las actitudes, en los gestos y en los comentarios de los participantes, muchos de ellos sin conocimiento previo y con proyectos de vida diferentes.

Muchas veces se intenta cargar a la tecnología de construcción con tierra con la responsabilidad de competir con tecnologías que nacieron y se perfeccionaron en los últimos 150 años, que utilizan materiales estandarizados y que pueden ensayarse en laboratorio. ¿Es esto realmente importante? ¿Es siempre necesario? ¿Acaso no es una ventaja competitiva que cada vivienda construida en tierra pueda tener su propio carácter derivado de las particularidades de la tierra del lugar? Evidentemente esto dificulta los procesos constructivos y mayores tiempos de análisis y estudio, y exige a pensar estrategias de diseño específicas que no tienen porque ser repetidas en otros sitios.

> *Silencio de hambre, duro día, los cuerpos cansados resplandecen en la oscuridad al compás de la vela, nos miramos a los ojos y nos buscamos los unos a los otros en efímeras comuniones, cómplices de lo sucedido, nuestras almas se juntan en un abrazo sentido y profundo. (…) Más fuertes y dulces que nada, salen unas palabras libres e inocentes, motivadas únicamente por la fuerza incontenible de hacerse presentes en el momento necesario, estas toman como intérprete al cachorro de indio, que atrae nuestra atención y dice: «Dale tu mano al indio / Dale que te hará bien / Y encontrarás el camino / Como ayer yo lo encontré». ¡Y vaya si nos dimos la mano! En cada mirada, en cada terrón y también en cada jarro de avena o fruta compartida. Silencio de hambre, duro día, los cuerpos cansados resplandecen en la oscuridad al compás de la vela (…)* (Vaco, 2012).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alderton, C. (2005). Bioconstrucción: Construcción con materiales naturales, técnica: terrón. En *Alternativas a la ocupación: arquitecturas en tierra*. Montevideo: Facultad de Arquitectura, pp. 2-7.

Etchebarne R.; Ferreiro A.; Gallardo H.; González A.; Pautasso M.; Piñeiro G.; Verzeñassi D. (2008). Fronterra: Talleres de capacitación // Uruguay – Argentina. En Memorias del *Congreso Terrabrasil 2008*. Sao Luiz: S/D.

Ferreiro, A. (2010). *Arquitectura con tierra en Uruguay*. Montevideo: Edición Independiente.

Guillaud, H. (2001). Construire en blocs découpés et mottes de gazon. En *Rencontre de Montpellier*. S/D.

Legnani, M. (1917). El Rancho - Extracto de un estudio del Doctor Mateo Legnani de Santa Lucía (Canelones). En *Almanaque del Labrador*. Montevideo: Ediciones del Banco de Seguros del Estado (BSE), pp. 297-315

Mingolla G.; Taulamet, L.; Galanti, G.; González, A. (2011). Participación de entidades públicas y privadas en proceso de formación en modalidad “Obra – Escuela”. Proyecto Receptor Turístico. En Memorias del *Coloquio Internacional de Arquitectura Regional y Sustentable*. Oaxaca: S/D.

Proyecto Hornero (2007). *Proyecto Hornero: Prototipo global de experimentación – Construcción con materiales naturales*. Montevideo: Facultad de Arquitectura. ISBN: 9789974003804

Rodríguez, J. A. (1950). Construya ud. mismo su casa con tierra y Portland. En *Almanaque del Labrador*. Montevideo: Ediciones del Banco de Seguros del Estado (BSE), pp. 33-73.

Viñuales, G.; Martins, C.; Flores, M.; Ríos, L. (1994). *Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires: CYTED.

Vaco, A. (2012). Apuntes en prácticas de *enTerrón*. S/D.

Notas

[1] Equipo de proyecto *enTerrón*: Arq. Alejandro Ferreiro, Arq. Inés Sánchez, Arq. Adriana León, Bach. Soledad Britos, Bach. Karina Lens, Bach. Jessica Mesones, Bach. Andrea Meynet, Bach. Nadia Muñoz, Bach. Bruno Palumbo, Bach. Catalina Radi, Bach. Gabriela Vázquez

[2] Hábitat Permacultural es gestionado por la Arq. Adriana León y el Sr. Jorge Giordano.

[3] Juan Manuel Blanes (1830-1901): La Taba (1878); Pedro Figari (1861-1938): Cambacuá (1923), Domingo en el rancho (1945), En el rancho (s/d); José Cuneo (1887-1977): Suburbios de Florida (1931), Ranchos (1931), Ranchos Orilleros (1932), Luna Nueva (1933), Rancho (1946), Rancho y carreta (s/d).

[4] Fuente: Museo Nacional de Artes Visuales (www.mnav.gub.uy) y Museo Municipal de Bellas Artes Juan Manuel Blanes (www.museoblanes.org.uy).

[5]. Dentro de las propuestas de mejora de las viviendas de terrón, Legnani considera fundamental el tema económico, sin disociar las modificaciones planteadas a un gasto monetario que en su mayoría no era posible asumir por sus habitantes. La solución que plantea es que "se impone que en los contratos de arrendamiento se disponga la tasación del rancho, á construir y el deber, por parte del rentista, de adquirirlo en compra. Entonces sí, sin ninguna clase de remordimiento, y sin chocar con resistencia tenaz, las autoridades dependientes del Honorable Consejo Nacional de Higiene podrían disponer las condiciones de construcción y conservación del rancho, de que ha hablado esta crítica, y muchas otras que se irían viendo paulatinamente (…)".

[6] El nombre original de esta publicación fue «Almanaque del labrador», luego se llamó «Almanaque del labrador y el ganadero» y en la actualidad se titula «Almanaque del Banco de Seguros del Estado». Actualmente es una de las publicaciones con mayor tiraje de Uruguay y una de las fuentes más consultadas sobre temas de interés general. La colección completa puede encontrarse en www.bse.com.uy/bse/almanaques.php

[7] En 1930 se comienza una serie de artículos titulados «Viviendas rurales económicas», a modo de guías para realizar viviendas higiénicas y económicas. Una consideración importante que se plantea, es la incorporación de un cimiento de apoyo para los muros, cosa que no era habitual en las construcciones domesticas rurales. Dentro de las indicaciones, se propone que los muros sean asentados con mortero de barro al igual que los revoques interiores. En 1938 se publica un nuevo artículo sobre mejoramiento de la vivienda rural construida con tierra, a cargo del Ing. Agr. Eugenio Topolanski, donde se analiza una construcción de tierra y se proponen mejoras constructivas. La promesa del autor de que en el próximo número se continuaría desarrollando el tema no se cumplió y a partir del año 1939 los artículos sobre vivienda rural son firmados por el Ing. Agr. Juan Antonio Rodríguez, profesor de la Cátedra de Construcciones Rurales de la Facultad de Agronomía. En estos artículos se observa cierto interés por considerar el medio, y en particular el clima del lugar, en el diseño de la vivienda. Sin embargo, en la memoria explicativa ya no se menciona al uso de morteros o revoques de tierra y mucho menos viviendas enteras de tierra. En 1950, el Ing. Agr. Rodríguez publica una extensa nota de 40 páginas, recopilando material sobre el uso de bloques de suelo cemento y proponiendo soluciones adaptadas al medio rural uruguayo. El sugestivo título del artículo es «Construya Ud. mismo su casa con tierra y portland». Sin desmerecer el espíritu innovador de algunas propuestas de nuevos usos de materiales, el artículo inicia con una sentencia aleccionadora: *(…) nuestro hombre de campo lleva aún una existencia ruda y primitiva, sin conocer los beneficios del «confort», que es una de las mejores y más positivas conquistas logradas e impuestas por la gran República Norteamericana (…)* (Rodríguez, 1950, p. 33). Vale recordar nuevamente el momento histórico en que fue escrito el artículo, a pocos años de finalizada la Segunda Guerra Mundial y con un país como Estados Unidos promulgando la combinación de democracia, bienestar social, capitalismo e industrialización.

Curriculo

Alejandro Ferreiro: Arquitecto desde 2005 (Farq – UdelaR). Profesor Asistente de la Cátedra de Arquitectura y Tecnología de la Facultad de Arquitectura. Ha participado de seminarios, eventos y proyectos de construcción con tierra desde 2003. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Docente responsable de *enTerrón*.

Jessica Mesones: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ha participado del trabajo de iniciación en investigación estudiantil Intersticios activos en la Ciudad de la Costa (CSIC, 2010-2011) y del proyecto de extensión universitaria Estrellas al norte - reestructuración y equipamiento del Club de Niños ADRA, Cerro Norte (INAU, 2011). Co-creadora de *enTerrón*.

Andrea Meynet: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2008. Ha realizado cursos y seminarios de construcción con tierra y permacultura desde 2010. Coparticipación con la Arq. Adriana León en el proyecto de bioconstrucción y reciclaje de una antigua casa-escuela para espacio de encuentro de jóvenes en Catamarca (Argentina) en 2012. Co-creadora de *enTerrón*.

Nadia Muñoz: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ha participado como vestuarista y creativa publicitaria en distintos ámbitos. Co-creador de *enTerrón*.

Bruno Palumbo: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ha participado del trabajo de iniciación en investigación estudiantil Intersticios activos en la Ciudad de la Costa (CSIC, 2010-2011). Fue asistente al Taller de Construcción con Tierra de Fronterra (2009) y ha realizado cursos de Jardinería Integral (2011). Co-creador de *enTerrón*.

Catalina Radi: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Ayudante en el Curso de Urbanismo Anteproyecto IV (Farq – UdelaR). Ha participado del trabajo de iniciación en investigación estudiantil Intersticios activos en la Ciudad de la Costa (CSIC, 2010-2011) y del Proyecto de Extensión Universitaria Urbanismo participativo, Bahía Oeste (2012). Co-creadora de *enTerrón*.

Gabriela Vázquez: Estudiante de Farq - UdelaR desde 2007. Co-creación de proyectos: Estudiantes SOS (Montevideo – Treinta y Tres, IMTT), talleres de difusión de educación terciaria, proyecto de extensión universitaria Estrellas al norte - reestructuración y equipamiento del Club de Niños ADRA, Cerro Norte (INAU, 2011). Co-creadora de *enTerrón*.

El VALOR DE LA PALABRA ADOBE

Juana Font Arellano

Fundación Antonio Font de Bedoya
La Puebla 15,7º A, 34002, Palencia, España
E-mail: juanafontarellano@hotmail.com

Palabras claves: Difusión, exactitud, pedagogía.

Resumen

Las palabras, que la sociedad actual parece no valorar, siguen resultando herramientas indispensables para transmitir ideas, compartir reflexiones y descubrimientos, facilitar la investigación o la docencia, donde tantas veces tropezamos con la utilización de términos incorrectos.

Hoy es imprescindible manejar palabras unívocas para evitar la confusión que surge al verlas utilizadas como sinónimos de asuntos que no lo son, de ningún modo, en las traducciones, los artículos de divulgación e incluso las obras de texto con las que se pretende formar a los futuros profesionales que gestionarán nuestro Patrimonio realizado con tierra.

Si bien es irrenunciable conocer los nombres locales con los que designan las diferentes culturas a cada aspecto de la construcción con arcilla es también necesario saber aplicar el término universal exacto para aquéllo que describimos.

Y pocos hay más universales que la palabra adobe, nacida milenios antes de nuestra era, difundida por el mundo entero

Por ello, debería reivindicarse su utilización en todas las lenguas para que, evitando un uso incorrecto, no se emplee cuando se habla de revocos, morteros, BTC o muros de tierra compactada que suelen ser descritos, sistemáticamente, como obras de adobe.

1. DEL TÉRMINO LOCAL AL UNIVERSAL

Los variadísimos modos de consignar palabras que presentan las hablas de cada zona son un tesoro para quienes investigan los diferentes métodos de realizar construcciones tradicionales en el mundo y también para los lingüistas, historiadores y antropólogos, que valoran estos términos particulares como bienes muy preciados. Efectivamente, constituyen un importante legado cultural digno de ser preservado.

Sin embargo, perdidas ya en muchas áreas geográficas las técnicas hasta hace poco habituales, éstas se engloban con demasiada frecuencia en absurdas teorías y pasan a ser denominadas incorrectamente de modo persistente, asunto que, aunque triste, no es muy grave.

Sí lo es que en todo tipo de textos, incluidos los especializados, se recojan explicaciones peregrinas, nombres incorrectos y equiparación de sistemas, totalmente diferentes desde el punto de vista constructivo, como si fueran similares.

Las confusiones aumentan en los textos traducidos al castellano desde otras lenguas pero incluso los escritos por hispanohablantes suelen acumular disparates sin cuento porque sus autores, formados en los materiales modernos, desconocen los sistemas tradicionales de construcción.

El problema se complica al intentar difundir el uso de la tierra como material constructivo o de popularizar los medios de ponerlo en obra, dadas las posibilidades que encierra para levantar edificios respetuosos con el medio ambiente, algo muy valorado hoy. Es entonces cuando hallamos más desatinos encadenados ya que se consignan, como adobe, todos los usos de la tierra, sea ésta empleada como mortero, revoco, tierra compactada, BTC, piezas modeladas o realizadas con molde y la actual aplicación del súper-adobe.

No se pretende con este texto que, tras el encuentro de Valparaíso, se decida forzar el empleo de un solo término para referirnos al adobe, haciendo tabla rasa de todos los recogidos en las lenguas del mundo, decisión que sería seguramente desacertado. Pero cuando hay nombres cuya antigüedad, zona de expansión idiomática y empleo por culturas muy diferentes a lo largo de los siglos los hacen muy especiales, quizá sí convendría sugerir que se adoptaran por todos los que investigan, proyectan o intentar difundir el empleo de la construcción de tierra.

La oportunidad de establecer o no una única palabra para cada técnica y la riqueza idiomática de las diferentes zonas ya han sido analizadas por Aurenche (2011) y sus colaboradores en un texto específico sobre este asunto en el que constatan los diversos factores que intervienen en pro o en contra de un solo término.

En el caso que nos ocupa no se trata de anular la riqueza idiomática sino de devolver al término adobe su correcta consideración, intentando libelarlo de los actuales errores tejidos en su derredor por los prejuicios, las manipulaciones históricas y la falta de conocimientos constructivos.

2. ETIMOLOGÍA, DEFINICIONES, FUENTES LITERARIAS E INFORMES ARQUEOLÓGICOS

El arquitecto egipcio Adel Fahmy colaborador de Hassan Fathy, incluye en uno de sus textos el jeroglífico que representaba la palabra adobe en el Egipto antiguo y también la explicación sobre este término, que del egipcio pasó al copto y, por ello, a la escritura demótica (Fahmy, 2011).

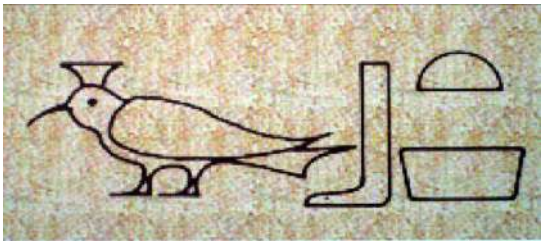


Figura 1. Jeroglífico representando la palabra adobe. Cortesía de Adel Fahmy

También el Diccionario de la Real Academia Española, realizado por todos los países de habla hispana, consigna que el origen de adobe está en la lengua del antiguo Egipto y que pasó a la Península Ibérica a través de los invasores musulmanes, quienes la habían incorporado al árabe después de haberla tomado de los idiomas hablados en norte africano. Aunque dice este Diccionario-modelo que “es una masa de barro mezclado a veces con paja, moldeado en forma de ladrillo y secada al aire” la mayoría de obras similares consultadas lo definen como “ladrillo de paja y barro que se deja secar al sol” añadiendo después fantásticas explicaciones sobre el origen de este término.

Como es bien conocido, todos los estudiosos de la construcción cuyos textos se escriben en español constatan que el término *adobe* se ha de emplear sólo para referirse a la pieza de tierra cruda, obtenida con molde, mientras que la palabra *ladrillo* designa exclusivamente a la pieza, también realizada con una horma, pero cocida posteriormente tras su secado. Aconsejan que éste no se haga al sol, como consignan los Diccionarios, sino en espacios sombreados, para que la evaporación del agua se produzca lentamente, prefiriendo para realizarlos las épocas del año cuyas temperaturas sean más suaves, es decir, primavera y otoño.

Esta recomendación es el origen del dicho *Cuando descansa hace adobes*, que no explica el proceder de una persona muy atareada, como consigna el citado Diccionario de la Real Academia Española, sino que se refiere a las etapas de descanso agrícola que las gentes rurales aprovechaban para fabricarlos, ya que coincidían con los momentos de temperaturas

suaves estipulados por los eruditos en sus obras hasta finales del siglo XIX, como comprobamos, por ejemplo, en el *Tratado de edificación* de Ger y Lóbez, escrito en 1898.

Por otra parte es fácil comprobar que según la composición presentada por la tierra de cada lugar los adobes pueden no llevar paja, ya que ésta se usa sólo donde las piezas sufrirán una retracción que las hará fisurarse tras el secado. En este punto es interesante recordar los experimentos realizados en Cuzco, para investigar las propiedades químicas de los vegetales, sobre los que llama la atención Graciela Viñuales consignando que se utilizó el agua donde había sido cocida la caña del ichu, muy usada tanto por aymarás como por quechuas, para conseguir el barro con el que realizar los adobes. Observaron que los almidones procedentes de la caña también lograban evitar el agrietamiento de las piezas, aunque no incorporaran a éstas los fragmentos del tallo utilizado, que hubieran constituido una especie de esqueleto. (Viñuales 198, p.56-57)

Figura 2. Adobes realizados sin paja en la provincia de Soria

Una vez estipulado que sólo se puede definir el adobe como pieza de barro, de diversas formas, que ha sido realizada con molde y posteriormente dejada secar al abrigo del sol, es preciso constatar también otros errores menores referidos a la apariencia de este mampuesto realizado con tierra. Aunque varios textos precisan que se moldean como paralelepípedos rectangulares no siempre es así, como pueden atestiguar los adobes cúbicos de amplias zonas o los trapezoidales utilizados en muchos lugares para realizar cúpulas, además de los que han sido aplantillados para formar parte de cornisa, golas y todo tipo de aleros e impostas.

Figura 3. Adobes aplantillados

Muchos años antes de que entraran en uso estos adobes representados en los jeroglíficos se utilizaban ya las piezas realizadas sin molde, que en España se llaman *motas* y *glebas*, y que como no han sido obtenidas empleando una horma que las moldee, sino que se han modelado con la mano, no pueden considerarse adobes. Este error se encuentra frecuentemente en los informes sobre los yacimientos arqueológicos y otros muchos textos, entre los que destacan la clasificación de las piezas halladas en Jericó, que como luego se verá, es errónea habitualmente en su traducción española. Puesto que estas glebas fueron

realizadas sin molde unos 8.000 años a.C., no deberían enmarcarse en el grupo de los adobes, aunque éstos si se encuentran ya en Anatolia, en el yacimiento de Katal Huyuk, 1.000 años posterior.

Figura 4. Glebas actuales de Anatolia

Tampoco deberían ser considerados adobes las enormes piezas andinas llamadas *ticas*, cuya forma cónica parece haber sido obtenida a base de modelarla y hacerla rodar después sobre una base dura, aunque quizá usaran el procedimiento comentado por Hubert Guillaud (2011) para las de forma cilíndricas utilizadas en Zambia, que pudieran haberse hecho con un molde metálico *ex profeso*.

Ni tendrían que llamarse adobes aquellas otras cuya forma se obtiene cortándola de una gruesa torta de barro dispuesta sobre el suelo ni las obtenidas tras un mero proceso de manipulación cuyo resultado sea troncopiramidal, cilíndrico, de panecillo o con silueta propia un de grueso cigarro, habituales en muchas zonas donde construyeron con tierra varias brillantes civilizaciones africanas, americanas, asiáticas o europeas.

3. EL ADOBE EN LAS CULTURAS HISTÓRICAS

Todas las grandes culturas concedieron gran importancia al uso del adobe, que tenía en Mesopotamia el mes de Siwan destinado a realizarlos y una deidad propia, el dios Kulla, mientras que en Egipto la diosa Mesknet, en su papel de comadrona, era representada en los llamados *adobes del parto* sobre los que las mujeres se apoyaban en el momento de dar a luz.

La misión de construir estaba encomendada a los dioses creadores en varias civilizaciones notables. Con el paso del tiempo el papel de constructor fue adjudicado a los reyes, que son representados desempeñando este cometido, bien llevando los símbolos del arquitecto, bien realizando adobes o aportando tierra para elaborarlos. Los documentos citan la intervención de los monarcas en el ritual desarrollado al iniciar un edificio, asunto que todavía continúa en nuestras actuales ceremonias de colocar la primera piedra, acto en el que los oficiantes mesopotámicos enterraban los adobes que recogían el llamado *Texto de fundación* en una inscripción, y sepultaban también los moldes en los que fueron elaborados, con ánimo de ahuyentar de la nueva construcción todos los posibles maleficios que pudieran acecharla (Graciani, 2007).

La importancia que en Grecia se concedía a estas piezas se percibe perfectamente en la tragedia *Prometeo encadenado* cuando su autor, Esquilo, consigna en el siglo V a.C los motivos que aducen los dioses para castigar al protagonista por haber facilitado a los hombres los medios de abandonar la barbarie, entre ellos escribir, leer, fabricar barcos, cultivar la tierra y realizar adobes (Esquilo, s.V a.C.).

Los historiadores griegos, como Dicearco, discípulo de Aristóteles, que en su *Historia de Grecia*, escrita en el s.IV a.C., nos cuentan que Atenas era una ciudad de adobe y que sus primeros templos también eran de tierra hasta que la explotación de las canteras pentélicas y el gran éxodo campesino a las ciudades, tras la condonación de deudas que realizó Solón en el siglo VI a.C, impulsaran un proceso de petrificación en las construcciones más

notables. La tierra, que continuó siendo empleada incluso en las mejores viviendas, como cita Vitruvio al describir la de Creso, en Sardes y los palacios de los reyes Mausolo de Halicarnaso y Atalo de Tralles, se utilizaba también para alzar defensas inexpugnables en las ciudades estado y muchas de sus colonias. Buen ejemplo de ello son las levantadas hacia el 340 a.C. en el Cabo Soprano de Gela, en la Magna Grecia, por orden del general corintio Timoleón.

Figura 5. Murallas de Gela

A su vez Roma era de adobe, como comenta Suetonio (s.II), incluida la vivienda de Augusto a quien otorga el mérito de haber convertido una ciudad de tierra en otra de mármol.

El adobe era el material preferido para construir hasta que la migración hacia los núcleos urbanos obligó a levantar viviendas de varios pisos, lo que unido a las frecuentes inundaciones que producía el Tiber, comentadas en el s.I a.C, por Dion Cassio en su *Historia Romana* hicieron que se fuera sustituyendo paulatinamente la tierra por el ladrillo, tal como consigna Vitruvio.

4. ERRORES POR MANIPULACIÓN DE LA HISTORIA

4.1. El mundo clásico

Dentro de la expansión que las culturas griega y romana realizaron en el Mediterráneo se puede incluir uno de los frecuentes errores sobre la difusión del adobe en este ámbito geográfico. En efecto, son numerosos los textos que intentan explicar el uso de estas piezas por los procesos de aculturación que afectan a los nativos de los países ribereños a partir de su contacto con las grandes culturas. Este tipo de influencias, muy gratas siempre para los arquitectos e historiadores del arte son, sin embargo, frecuentemente desmentidas por la arqueología y la antropología. Los edificios de Soto de Medinilla, pueden demostrar, a través de los restos materiales del siglo IX a.C., cómo el empleo del adobe era algo habitual en áreas geográficas totalmente libres de contactos con las grandes potencias, asunto en el que insisten varios investigadores (Chazelles, 2011).

Figura 6. Soto de Medinilla. Cortesía de Fernando Romero

Debido a esta evidencia hay autores que consideran el empleo del molde para confeccionar adobes como una conquista autónoma de diferentes etnias, entre ellas las presentes en el interior de la Península Ibérica cuyo estudio interesa consignar ahora, por ser parte fundamental del mestizaje cultural mutuo ocurrido posteriormente en América. Pero también en suelo americano habían conquistado su empleo varias importantes culturas, lo mismo que lo habían hecho quienes habitaban en el Creciente Fértil, los valles del Tigres y el Eúfrates, en el del gran río Amarillo, en el Indo o junto a las riberas del Nilo. En palabras de Martin Sauvage *nous avons affaire á plusieurs foyers d´invention autonomes, il s´agit là d´un phénomène de convergente technique s´expliquant par la présence des mêmes resources naturelles, d´un climat similaire et de mêmes besoins architecturaux,* es decir, el autor considera que hay varios lugares donde se dan estas conquistas técnicas porque en todos ellos pueden obtenerse los mismos recursos naturales, disfrutan de climas semejantes y tienen necesidades constructivas parecidas*(*Sauvage, 2011*).*

4.2. El papel del Islam

Otro error frecuentísimo consiste en adjudicar a los invasores musulmanes el origen de la construcción de tierra en Portugal y España. Aunque Europa, en general, y los portugueses, americanos y españoles, en particular, debamos eterna gratitud a la cultura árabe, que preservó para occidente el conocimiento de las culturas clásicas, no se puede considerar que introdujeran el uso de la tierra en la Península Ibérica. Incluso sin conocer el relato que sobre los edificios de tapia o de adobe hacen tanto Plinio el Viejo, primero, en su *Historia Natural* escrita durante el s.I de nuestra era como después S. Isidoro de Sevilla, en sus *Etimologías*, redactadas en el siglo VII, es decir, muchos años antes de que las gentes islámicas llegaran a la península, la geografía de ésta ofrece multitud de construcciones realizadas con los diferentes sistemas de utilizar la tierra.

En el siglo X antes de nuestra Era ya está desarrollado, como se ha visto, Soto de Medinilla, poblado donde la presencia del adobe es evidente en una Meseta norte ajena durante esa época a las transformaciones impulsadas por los fenicios en las costas.

Más al sur, el Palacio-Santuario de Cancho Roano, en tierras de Extremadura, tiene su nivel más antiguo correspondiente a una construcción levantada en el s.VII a.C. Su planta simétrica, rodeada de un foso perimetral, ha sido adscrita a la cultura de Tartesos, y sus muros conservan aún hoy los adobes protegidos por distintos revocos de tonos rojizos.

También era de adobe la muralla de Pintia, otra vez en la Meseta, que con un espesor de siete metros, rodeaba el poblado vacceo instalado cerca de Peñafiel, en la actual provincia de Valladolid. Por su parte la villa romana de Pedrosa de La Vega, levantada en suelo de Palencia, deslumbrante construcción cuyos pavimentos van cubiertos de magníficos mosaicos tanto en los grandes salones como en los hermosos baños, fue realizada con tapia vertida en el siglo IV de nuestra era.

Pero si se equivocan quienes imputan a fenicios, griegos y romanos el uso exclusivo del adobe en suelo hispano y si yerran los estudiosos que consideran su introducción en Hispania como fruto de la presencia musulmana en su suelo a partir del siglo VIII, también están confundidos quienes defienden que el empleo de la tierra en el Magreb se debe a la difusión efectuada desde la Península Ibérica al norte africano, como sostienen algunos autores (Laoust, 1934).

La Arqueología demuestra que tanto los antiguos pobladores magrebíes como los asentados desde la prehistoria en lo que hoy son Portugal y España utilizaban magistralmente la tierra en sus construcciones desde etapas remotísimas. Ambas culturas, bereberes e hispanas, usaban las técnicas del encestado, el adobe y la tapia siglos antes de que los árabes, grupo minoritario entre el conjunto de invasores, dominara los dos lados del Estrecho, aunque es indudable que su probado pragmatismo y el hecho de que el grueso de sus tropas era gente magrebí, acostumbrada a usar magistralmente la tierra, ayudara a incrementar estas técnicas, muy adecuadas para las dos áreas entonces conquistadas.

4.3. España en América del Norte

Un error más, propalado por algunos países europeos, es que España impuso, con torturas, el empleo del adobe a diferentes etnias amerindias que lo desconocían. Esta fabulación es particularmente irritante tanto para los descendientes de las espléndidas culturas americanas, que lo sabían utilizar magistralmente y cuya influencia irradiaba a todo el continente, como para los españoles que, casi sin excepción, y por razones prácticas, adoptaron en cada lugar los sistemas que usaban los nativos de la zona, asunto éste fácilmente comprobable examinando los distintos documentos surgidos en este mutuo proceso de mestizaje.

El enorme continente americano al que los aztecas denominaban *Cem Anahuac* mientras que los habitantes de la zona central la llamaban *Abya Yala* y que para los nativos de lengua nauhalt era "tierra rodeada de las grandes aguas", había visto nacer espléndidas construcciones realizadas con adobe, muchos siglos antes de que allí entraran portugueses y españoles.

Las investigaciones de Luis Fernando Guerrero sobre el asunto, gentilmente cedidas para este texto, confirman el empleo de adobes en Cholula, Xochicalco, Mitla, Montealbán, Teotihuacán y Tula, sólo en Méjico, donde también construyeron con glebas de dos tipos en Lambiteyco, estado de Oaxaca, unos 600 años a.C. presentando algunas de ellas un perfil rectangular tan nítido que hace pensar en el empleo de moldes realizados con cestería, diferentes a los grandes adobes de la cultura andina de Gallinazo, formados con hormas de cañas.

Además consigna el profesor Guerrero que fueron los nativos de Tlaxcala, aliados de los españoles en su lucha contra los aztecas, los que llevaron el empleo del molde al suroeste de USA y al norte de Méjico, en áreas donde se efectuaban frecuentes contactos con los Pima, Hohokan y Kumiai, pragmáticos constructores que usaban indistintamente piedra, tejidos vegetales y barro, tepes, terrones y glebas, según fueran las posibilidades constructivas de las zonas donde estuvieran.

Tan conocido era en España el dominio que los americanos tenían de la construcción con adobes que éstos ni siquiera se mencionan en las *Ordenanzas de descubrimiento, nueva población y pacificación de las Indias*, redactadas en 1578 por el meticuloso Felipe II, que sí se refiere, expresamente, a los muros de tapia cuando recomienda, en el punto 132 que *vayan apercibidos de tapyales o tablas para los hacer*.

Apoyarse en este documento para decir que los nativos fueron obligados a utilizar adobes es algo poco consistente pues es innegable que las citadas Ordenanzas no lo mencionan mientras sí lo hacen, reiteradamente, muchas otras fuentes españolas, anteriores, escritas ya en América, como las *Cartas de Relación* que envía Cortés a Carlos V, o la historia de Méjico que narra Bernal Díaz del Castillo, en la que ambos cuentan que los adobes se vendían en los mercados de Tenochtitlán, porque con ellos hacían edificios, cercas y albarradas no sólo los habitantes de la gran ciudad sino también los indígenas de otras etnias distribuidas en la enorme área que citaba el profesor Guerrero.

Los contactos comerciales de los mejicanos alcanzaban grandes zonas del suroeste estadounidense. Además, las narraciones de Álvar Núñez, que vagó ocho largos años por norte-América, tras su naufragio en Florida, recogen el uso de la tierra para construir entre los amerindios durante una época en la que, no como ahora, todos los españoles sabían lo que era un adobe. Todo ello sin recordar que Garcilaso *el Inca*, testigo del hecho, refiere detalladamente que, en 1535, los castellanos sepultaron el cuerpo de Hernando de Soto en uno de los hoyos que junto a la bahía de Tampa tenían hechos los indios para extraer la tierra que usaban en la construcción de sus viviendas.

Por otra parte, incluso si existiera una información donde se constatase irrefutablemente que los españoles coaccionaron, exclusivamente a los nativos del suroeste, para que allí usaran adobes, aunque en el resto de la actual norteamérica utilizaran las técnicas y materiales

indígenas, es peregrino afirmar que esta obligatoriedad se impuso como un siniestro y deliberado sistema de aculturación en el suroccidente de los actuales Estados Unidos.

Quien conozca un poco a los españoles tendrá presente la proverbial inclinación de éste y otros pueblos mediterráneos a utilizar lo más fácil de poner en obra. La cuestionable afirmación, realizada por Pérez, de que existió esta cruel imposición expresamente concebida para aniquilar una cultura, es una lectura sesgada de los hechos y querer negar la evidencia de que los hispanos se adaptaban a los materiales de construcción que usaban los amerindios de las distintas zonas. Y ello simplemente por una cuestión de rapidez, ahorro y eficacia, además de que parece poco razonable, para la lógica constructiva de alguien que pretende levantar edificios de modo rápido, usar elementos ajenos a los proporcionados por el entorno inmediato (Pérez 2011, p.463).

4.4 La construcción española en los actuales Estados Unidos de Norteamérica

La reiterada tendencia española de asimilar sin prejuicios todas las aportaciones constructivas de otras culturas, como se comprueba fácilmente en el arte mudéjar peninsular, siguió manifestándose en las opciones que aceptaron ya dentro del espacio americano.

Es fácil comprobarlo analizando cuáles fueron los sistemas de construcción usados por los españoles en los lugares donde desembarcaron más temprano, Caribe, Méjico y Florida.

Las viviendas que levantaron en Cuba, por ejemplo, eran de *cuje y embarrado* o *jacal*, techadas con los vegetales habitualmente utilizados por las etnias de cada zona, es decir, usaron los materiales livianos más adecuados a las temperaturas y grado de humedad caribeños. Examinando la construcción que se encuentra en Trinidad, una ciudad cubana bien estudiada, se anota específicamente que cuando los españoles llegaron encontraron bohíos, caneyes y bahareques que adoptaron *con la máxima racionalidad posible y utilizando los materiales que ofrecía la Naturaleza* (Sánchez el al, 2010. p.89-97).

Lo mismo ocurre si se revisan las construcciones de grandes zonas mejicanas, sobre todo en el área maya, asunto que se repite en Honduras y Guatemala, ya mucho más al sur, donde como los chortí, los españoles también realizaron sus viviendas con estas paredes de vegetales y barro, llámense de *estanteo, bahareque* o *fajina*, techándolas con largas hierbas como el zacate.

En Florida, a donde llegaron en 1515, hicieron lo mismo durante décadas pues sólo siglos después, como se verá luego, empezaron a utilizar la piedra ante la destrucción demasiado frecuente que producían en sus construcciones los huracanes, los piratas franceses e ingleses, los incendios y las plagas de termitas.

Los primeros españoles llegados a Estados Unidos se alojaron en los poblados indígenas, junto a sus legítimos propietarios y en viviendas indias, tipo *chikee*, destinando la mejor de ellas para almacenar armas, víveres y pólvora, como hiciera Menéndez de Avilés.

La llegada de los misioneros no introdujo demasiados cambios pues éstos se limitaron a adoptar la planta rectangular para la iglesia y algún edificio más, tal como se ven en el dibujo del Pueblo de Yndios nombre de Dios, diseñado en 1593 por Hernando de Mesta, en el que se percibe perfectamente este maridaje de material indígena y trazas europeas en unos pueblos realizados *with indigenous materials (…) in the simplest way, restrained by unifamiliar and with non prentense of monumentality*.(Gordon, 2002, p.37). Lo común era rematar las construcciones, indias o españolas, con cubiertas de palma, muy pendientes, cuya estructura era semejantes a las de *palapa* que se realizan en Méjico y Cuba y que seguramente se colocaban antes de efectuar los muros de encestado o de emparrillado para protegerlos de la lluvia durante su confección (Gordon, 2002).

Pronto las construcciones más notables pasaron a ser de tablones o troncos rejuntados con barro y musgo, sobre todo en lugares donde la abundancia de madera aconsejaba este empleo. Empezaron a levantarlas, en vez de por las tropas desembarcadas en el lugar, por

carpinteros y constructores especializados, llegados de Cuba, dirigidos por ingenieros militares.

4.5 .Construcción amerindia y europea en América del Norte

No se puede argumentar que desconocieran el empleo de la tierra los indígenas de zonas como Florida, cuya destreza fue muy apreciada por los españoles, porque éstos vivían en los mismos pueblos que los nativos donde se conservaban los grandes edificios comunales tradicionales de los amerindios, realizados con vegetales y barro.

Por otra parte, en las áreas suroccidentales de Estados Unidos, es sabido que los indios usaban las denominadas en inglés *Turtle Backs*, glebas con forma de caparazón, así como otras cilíndricas, las *enrolladas*, utilizadas ambas por los indígenas en zonas poco ricas en piedra.

Además de estas glebas, como el gres abundaba en la superficie de las zonas desérticas, era un material habitual en la franja meridional, aunque casi siempre con abundante empleo de la tierra como mortero y revoco. Y es preciso reseñar que en esta zona sureña se han encontrado adobes en dos yacimientos notables de la etnia Pueblo, uno en Fewkes, Mesa Verde y el otro en Morris, en Aztec.

Así pues, se debe coincidir con *Monsieur* Patrick Pérez en que los españoles estimularon el empleo del adobe en amplias áreas meridionales del oeste norteamericano, aunque discrepando radicalmente de los motivos que él considera impulsores de este hecho. Sólo se incentivó la construcción de tierra en zonas donde, como en el suroeste, abundaba este material, que era usado por los nativos, de distintas formas, porque su uso era el lógico para construir.

Por otra parte, utilizar un molde en terrenos arcillosos donde ya está arraigado el empleo de la tierra, para poder transformar piezas siempre irregulares, como las glebas, en adobes cuyos tamaños sean determinados y regulares es un avance, casi siempre. Permite diseñar el edificio considerando un módulo que lo articule, facilita calcular la duración de la obra, el importe de los salarios, el tiempo de los transportes y la capacidad de almacenamiento que el tajo exija. El empleo de una horma es una conquista realizada por casi todas las culturas que han usado las piezas modeladas previamente. Renunciar a ello sería tan grotesco como querer eliminar el Sistema Métrico Decimal para volver a las medidas basadas en el cuerpo del hombre, muy evocadoras, sí, pero mucho menos eficaces a la hora de estipular criterios constructivos.

Además, impulsar el uso del molde es lo que muchas culturas hicieron sobre otras en distintos lugares del mundo. Lo hicieron los franceses, por ejemplo, en varios lugares de África donde lo habitual era emplear glebas, como en Mali, donde promovieron que las *djenné ferey*, cilíndricas y modeladas, realizadas bajo el atento cuidados de los *barey ton*, equivalentes a nuestras Cofradías medievales de albañiles, fueran sustituidas por los *tubabus*, o “adobes de los blancos”, realizados con horma. Incluso lo impusieron en América, en sitios poco idóneos por su clima para utilizar adobes, que fabricaron los indígenas cuando estaban en zonas dominadas por Francia, en 1564, como cuenta René de Loudonnière en *L´Histoire notable de La Florida*, asunto del que se hacen eco los estudiosos de la construcción americana (Gordon, op.cit, p.31).

4.6 Del encestado y los tablones al *tabby*, la piedra o la tierra en las áreas españolas.

También recuerdan los especialistas el paso de los edificios realizados con madera o ramas y vegetales a los levantados con piedra, cosa que los españoles no hicieron en Florida hasta dos siglos después de llegar a suelo norteamericano, y sólo en las áreas donde hacerlo era razonable. Ensayaron cortar sillares de la roca formada por conchas, conocida como *coquina*, para realizar Fuertes en los que refugiarse ante los ataques ingleses y franceses. Pronto advirtieron que al seccionar la coquina ésta dejaba fragmentos cuya calcinación permitía hacer cal, lo que llevó al paso siguiente, triturar trozos de roca para con una parte obtener cal y con la otra un árido. Compactando la mezcla obtenida por árido y cal dentro de tapiales inauguraron la práctica de realizar *tabby*, que pronto pasó a los territorios cercanos.

La destrucción sistemática de los pueblos españoles llevada a cabo por ingleses y franceses, que pugnaban por adueñarse de amplios territorios americanos impulsó, en gran medida, el empleo del tabby y de la piedra, asunto que se potencia a partir de 1702 (Gritzner, 1978).

Por el contrario, en otras áreas norteamericanas, como el suroeste, donde lo sensato era construir con arcilla, se incentivó el empleo de la tierra para levantar los poblados, presidios, misiones e iglesias que constituyen importantes muestras de un profundo mestizaje cultural, siempre propiciado por España, aunque evitado sistemáticamente por otras potencias europeas.

Las noticias que a la vuelta de su largo viaje diera Álvar Núñez sobre la ciudad de oro de Cíbola y alguna difundida por exploradores que hablaban de otras riquísimas en las que, según la leyenda, permanecían fabulosos tesoros que habrían llevado a ellas, en siglo VIII , los siete obispos huidos de España con la invasión musulmana, estimularon el afán de instalarse en el territorio del oeste sureño, porque aunque estos rumores resulten hoy un asunto increíble, entre otras cosas por su cronología, sin embargo fueron considerados totalmente posibles por los españoles, indios y criollos del siglo XVI.

4.7 Reacciones indígenas. Opción de España. El papel de Francia, Inglaterra y Holanda.

Pronto se desarrollaron en el sur numerosos núcleos habitados, algunos con demasiada población porque eran muchos los nativos que preferían estar en zona castellana que en áreas dominadas por otros europeos, lo que originó escasez de agua en años de sequía, como los previos a 1680. Esta carencia desencadenó la rebelión de varios grupos de etnia Pueblo, que hicieron abandonar a los españoles el poblado de Zuñi durante casi dos décadas. Sin embargo, pocos años después, estos mismos nativos pidieron aliarse, de nuevo, con los castellanos a los que rogaron protección y ayuda cuando navajos y comanches atacaron sus asentamientos, asunto que omiten sistemáticamente los investigadores europeos, quienes sólo citan la revuelta previa en sus análisis, donde también olvidan reseñar que cuando se quiso poner en práctica el Tratado de Guadalupe Hidalgo, de 1848, los indígenas amerindios que habían sido súbditos españoles esgrimieron los Títulos de Propiedad que sobre sus territorios había reconocido la Corona de España, asunto por el que el nuevo estado norteamericano hubo de comprarles sus tierras.

Por otra parte hay numerosos episodios de violencia contra los nativos protagonizados por las distintas potencias europeas. En 1570 se forma la liga de los iroqueses e ingleses para atajar los abusos de los franceses, aunque en 1616 el clérigo Roger Williams adquiere las tierras que los británicos arrebataban sistemáticamente a sus legítimos dueños, los indígenas asentados en la bahía de Massachussets. En 1622 los amerindios de Virginia causaron una gran matanza entre los europeos de la zona y en 1630 los holandeses instalados en la cuenca del Hudson adoptaron el sistema de Encomiendas que, por prestarse a situaciones de abuso, había sido prohibido expresamente en España un siglo antes.

5. ERRORES DE CONCEPTO

Dejando atrás algunas revisiones sobre errores históricos, lamentables pero no peligrosos constructivamente, se pueden analizar en este punto los errores conceptuales.

Aunque parezca increíble son muchas las personas involucradas en la construcción con tierra que no tienen hoy muy claro el concepto de lo que es un adobe.

Teresa de Jesús, en sus textos, considera estéril discutir si una tierra vale mejor para hacer tapias que para realizar adobes pues sabe que, con poco trabajo y menos gasto, puede adaptarse el material para una u otra técnica. Como esta decidida santa castellana son muchos quienes han sabido corregir la tierra empleada en cada lugar y han valorado el resultado de su trabajo con legítimo orgullo.

Sin embargo, hoy casi ningún poseedor de un edificio realizado con adobes está satisfecho de habitarlo. Desgraciadamente han enraizado en nuestra sociedad diferentes prejuicios hacia los edificios de tierra a los que se consideran miserables, contrarios a la dignidad humana y frecuente causa de muerte.

Cada vez que sucede un terremoto, los medios de comunicación llenas sus páginas con terribles imágenes de viviendas levantadas con adobe, caídas durante el seísmo.

Pero los edificios no caen por el material con el que se hicieron sino por cómo se colocó éste. Si una vivienda realizada en autoconstrucción, sin ningún conocimiento del asunto y, por ello, sin respetar las buenas prácticas de albañilería que nunca colocarían los adobes sin contrapear, ni los sujetarían con malos morteros, ni dispondría cubiertas demasiado pesadas sobre muros que no tienen en cuenta la necesaria simetría que han de dibujar en zonas sísmicas ni los tamaños correctos de los vanos que en ellos se insertan, lo inminente es el colapso de lo edificado cuando se produzca el terremoto, si no antes.

Lo pertinente ahora, para que estas trágicas muertes se eviten, es impulsar el empleo adecuado de las variadas piezas de tierra diseñadas por tantos investigadores suramericanos para ser usadas, con éxito, enmaclando y atando los edificios en las zonas sísmicas.

Ante el descrédito que hoy padecen las construcciones de tierra hay promover ahora su correcto uso y reivindicar su importancia cultural y ecológica, recordando que fue ella la que proporcionó las fantásticas soluciones utilizadas después por la arquitectura culta. De tierra fueron los primeros arcos, las bóvedas más tempranas, las cúpulas que rematan los edificios más bellos. De arcilla fueron las piezas prefabricadas más antiguas, las construcciones a prueba de fuego y las que iniciaron el contrarresto sísmico. De barro son las edificaciones más respetuosas con el medio ambiente. Por todas estas cuestiones es necesario y urgente deshacer los prejuicios que impiden el desarrollo de la construcción con tierra.

5.1 Errores constructivos actuales

Fruto de estos prejuicios se han ido perdiendo los conocimientos que evitarían la publicación de muchos textos actuales, llenos de enormes confusiones.

Así se consignan como adobes, ignorando las muy diferentes capacidades de cada sistema, tanto los BTC, como el actual súper-adobe.

Ambas técnicas pueden ser utilísimas si el constructor está correctamente enterado de sus respectivas cualidades. En el caso de los BTC, que se encuentran en varios textos definidos incorrectamente como *adobes comprimidos*, es un producto excelente, ágil, muy adaptado a la albañilería tradicional y a la restauración, así como poco necesitado del mantenimiento anual que precisan los adobes, a los que sustituye con ventaja.

Los súper-adobes, ensacado de tierra y otros materiales, pueden ser idóneos para determinadas construcciones, siempre que se tenga en cuenta el hecho de que no es un adobe sino el embutido de determinadas sustancias en contenedores textiles, lo que limita considerablemente su aplicación constructiva, salvo que ésta pretenda obtener un cerramiento superior realizado por aproximación de elementos.

Por último, y con cierta frecuencia, las publicaciones empiezan a recoger el empleo de los adobes Holcim, tampoco muy exacto. Sin poner en duda la eficacia de este invento que aúna las ventajas de la mampostería confinada y reforzada, tan adecuada para las zonas sísmicas, es preferible, en muchos casos, por cuestiones medioambientales, entre otras, conceder prioridad al empleo de las ya comentadas formas de tierra específicas para áreas de seísmos.

5.2 Errores en las traducciones

Sólo algunos ejemplos en la traducción de tres textos muy diferentes, destinados a distintos colectivos:

1. *Ladrillo, Historia Universal*, texto de J.W.P. Campbell y W. Pryce, Editado por Blume en 2004 en Barcelona, dice en su página 26: *los ladrillos más antiguos que se conocen están en Jericó (…..) los descubrieron en 1952 los arqueólogos dirigidos por Kathleen Kenyon, que los clasificó como pertenecientes al Neolítico Pre-cerámico A, (8.300 a.C.-7.560 a.C), en forma de pera y Ladrillos de caña, Neolítico Pre-cerámico B (7.600 a.C.-6.600 a.C.), con forma más de paralelepípedo.*

2. *25 casas ecológicas*. Dominique Gauzin-Müller, Gustavo Pili, Barcelona 2006, traduciendo al español la edición francesa que en 2005 hicieran las Éditions du Moniteur. Presenta una serie de viviendas realmente hermosas, proyectadas por excelentes arquitectos interesados en la conservación del medio ambiente y el respeto por el paisaje. Sin embargo introduce numerosos errores como son los presentados en:

La nota a pie de la página 15, que asimila el adobe a la tapia y los BTC a los ladrillos prefabricados.

La vivienda de tapia junto a la Gran Muralla china, diseñada por Yung Ho Chang, que presenta como de adobe en las páginas 40-44.

La casa y taller proyectada con BTC en Bangalore por Chitra Vishwanath, que se citan como realizados con adobe en las páginas 144-147.

La nota introducida en el texto de las páginas 148-153, que comenta la vivienda levantada en Phoenix por Marwan Al-Sayed para sí mismo, donde explica la técnica de la tapia denominándola adobe.

3. *Casas hechas a mano y otros edificios tradicionales. Arquitectura popular*, de John May, editado por Blume en 2011.

En la página 52 se describen las paredes de encestado como de adobe.

Vuelve a referirse a este material para explicar cómo se realiza el tradicional *cob* de Devon, páginas 67-68.

Explica que hay adobe sin cocer en la página 137.

Reitera que son de adobe el típico *chukal na* de Chiapas en la página 140, las casas *Paisa* de Colombia, página 146, y las tramas vegetales cubiertas de barro (*wattle and doub*) de las viviendas levantadas actualmente en el West Sussex, páginas 180-181.

Termina con una explicación sobre las virtudes de las casas de adobe que da en la página 182, englobando confusamente tanto las realizadas en el Reino Unido como las levantadas en América del Norte y las que proyecta en África la asociación Voûte Nubienne.

6. LOS ERRORES EVITABLES. CONSIDERACIONES FINALES

A estos errores históricos, de definición, conceptuales o debidos a las traducciones, no conviene añadir los empleados incluso por personas que pretenden difundir el uso de la tierra.

Son numerosos los interesados en este campo que consignan construcción *en* tierra, galicismo que debería evitarse en castellano diciendo construcción *de* tierra o *con* tierra.

También son innumerables quienes para referirse al empleo de la técnica de la tapia denominan a ésta *tapial*, nombre exclusivamente aplicable a la horma que contiene la tierra en el proceso de compactado.

Incontables son quienes creen en transferencias de conocimientos entre varias culturas de modo confundido, asignando el nacimiento de una técnica a un solo lugar, cuando, ya se ha visto, que puede surgir en varios, de modo independiente y quizá hasta simultáneo. Significativo, en este campo es atribuir a los incas el mérito de haber enseñado a los españoles la aplicación de la quincha para las zonas altas de los edificios olvidando que

tanto en España como en Portugal se levantaban cañizos, encestados y emparrillados desde la pre-historia, lo mismo que sucedía en las culturas de todos los continentes.

Fueron arquitectos profesionales ya nacidos en América o nativos de la Península Ibérica, de la que conocían las bóvedas encamonadas, quienes idearon esta solución no sólo para muros sino también para bóvedas y cúpulas, aunque seguramente posibilitó su éxito la familiaridad que tanto andinos como españoles tenían con estos sistemas, destacando entre quienes proyectaron con quincha las conocidas figuras del dominico fray Diego Maroto, en el siglo XVII o del jesuita Juan Rehr en el siglo XVIII.

Sin embargo, nadie mencionan una genial aplicación inca, descrita por Garcilaso *el Inca* en sus *Comentarios Reales*, que consistía en aplicar un barro rojizo, muy líquido y resbaladizo, bajo las gigantescas piedras usadas en sus construcciones, para deslizándolas, hacerlas encajar con la maestría insuperable que muestran estas obras.

Sería muy útil que tras este encuentro de Valparaíso quedaran aclarados completamente los errores constructivos que manifiestan hoy muchos partidarios de utilizar adobes y resultaría magnífico que, a la vez, se disiparan, del todo, las otras confusiones revisadas, que al desprestigiar su uso no hacen más que dificultar el empleo de la tierra.

Además, en aras de una mejor comprensión, convendría fijar un término para designar a estas piezas con las que hombres de tantas culturas han sabido levantar edificios de todo tipo a lo largo y ancho del mundo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aurenche, O. et al. (2011). Essai de classification des modalités de mise en oeuvre de la terre crue en parois verticales et de leur nomenclature. En *Les cultures constructives de la brique crue*. *Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue*. Montpellier: Éditions de l´Espérou, Volume 3, p.13-34

Chazelles, C.A.de (2011). La construction en brique crue moulée dans les pays de la Mediterranée, du Néolithique à l´époque romaine. Reflexions sur la question du moulage de la terre. En *Les cultures constructives de la brique crue. Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue*, Montpellier: Éditions de L´Espérou, p.157.

Esquilo [s.VI a.C.]. *Prometeo encadenado*, Estrofa 450. Editorial Gredos, Madrid, p.345

Fahmy, A. (2011). Architecture de terre en Égypte: tradition et recherche. En: *Les cultures de la brique crue,Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue,* Montpellier: Éditions de L´Espérou, Volume 3, p.431-436.

Gordon, E. (2002). *Florida´s colonial architecture heritage.* Gainesville: University Press of Florida, p.37.

Graciani, A. (2007). *Symboleion*. Símbolos y ritos del construir. Univ. de Sevilla, p.20

Gritzner, J. (1978). Tabby in the Coastal Southeast: the cultural history of an american building material. *Tesis Doctoral*, Louisiana State University, p. 129-146.

Guillaud, H. (2011). De traces et reperes choisis: éloge terrestre de la brique crue. En: *Les cultures constructives de la brique crue. Échanges transdiciplinaires sur les constructions en terre crue*, Montpellier: Éditions de l´Espérou, Vol 3, p.45

Laoust, E. (1943). L´habitation chez les transhumants du Maroc central. En *Hésperis*. Rabat: Faculté des Lettres, Tomo XVIII, p.113.

Pérez, P. (2011). Les enjeux identitaires autour de l´adobe dans le Sud-Ouest des Etats-Unis.En: *Les cultures constructives de la brique crue*. *Échanges transdiciplinaires sur les constructions en terre crue*, Montpellier: Éditions de L´Espérou, Vol.3,p.467)

Sánchez, F.; de Julián, J. J.; Ordóñez, A. (2010). Tipologías constructivas en una ciudad patrimonio de la humanidad: Trinidad, Cuba. En: *Revista de la Construcción*, Santiago de

Chile, Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vol.9, nº1 p.89-97

Sauvage, M. (2011). L´architecture de brique crue en Mésopotamie. En: *Les cultures constructives de la brique crue. Echanges transdiciplinaires sur les constructions en terre crue*, Montpellier: Editions de L´Espérou, Vol.3, p.90

Suetonio, [s.II], 1992. *Vidas de los doce Césares*, Vida de Augusto, Libro II, Gredos, Madrid, p.153

Viñuales, G (1981) *Restauración de arquitectura de tierra*. San Miguel de Tucumán, Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo, p.56-57.

Currículo

Juana Font Arellano, Historiadora de Arte, Profesora de los *Master* de Restauración de las Universidades españolas de Valladolid y Alfonso X de Madrid, miembro de PROTERRA. Actualmente preside la Fundación Antonio Font de Bedoya, uno de cuyos fines es la protección y recuperación correcta de los sistemas y materiales tradicionales de construcción.

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. PROYECTOS DE DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA CONTEXTOS DE EMERGENCIA

Clara Giura[1], Emiliano Cruz Michelena Valcárcel[2], Simonetta Pagliolico[1]

[1] Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia, Politecnico di Torino - Cso, Duca degli Abruzzi 24 – 10129 – Torino, Italia Tel: +39.011.090.4677 simonetta.pagliolico@polito.it clara.giura@gmail.com
[2] Dipartimento Interateneo di Scienza, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico di Torino, Cso, Massimo D'Azeglio 42 – 10125 – Torino, Italia Tel: +39.34-5995.8638 emiliano.michelena@polito.it

Palabras claves: Educación; Autoconstrucción; Producción Artesanal; Desarrollo Sustentable

Resumen

Ante los desafíos implícitos en la búsqueda de un desarrollo sustentable, el rol de la arquitectura y la tecnología, de la innovación y la experimentación, ocupan un espacio preponderante. Ante el modelo High Tech dominante, la utilización de materiales constructivos de origen natural poco elaborados, en especial la tierra, podría ser la vía para la definición de una "tecnología apropiada" tanto para los países del sur del mundo, como para las economías dominantes cuyo modelo de desarrollo se encuentra actualmente en crisis. La experiencia didáctica desarrollada dentro de la Facultad de Arquitectura del Politécnico di Turín, se basa en la conexión entre teoría y práctica con el objetivo de crear una interacción entre la experimentación tecnológica y la profundización teórica, donde la actividad de campo se presenta como reflejo de la formación teórica y esta última encuentra un nuevo impulso en la acción, a través de un proceso orgánico y unitario. Se destaca la realización de prototipos para la construcción y adecuación de envolventes edilicias con el objetivo de mejorar las condiciones del confort en distintos contextos tanto rurales como urbanos. El resultado es la obtención de soluciones tecnológicas innovativas que permiten estandarizar y multiplicar la utilización de sistemas a base de materiales naturales a través de la modulación, la sistematización de los procesos de elaboración, y la puesta en marcha de procesos de transferencia tecnológica. Entre los resultados se incluyen la realización de diferentes bloques de tierra comprimida, revoques en tierra y procesos de impermeabilización, paneles en bambú revocados en tierra, paneles prefabricados con bloques de tierra especiales, paneles entramados con materiales reciclados y tierra y paneles de revestimiento de cultivación hidropónica.

1. PRESENTACION

1.1 Tecnología *low tech,* una opción para el sur del mundo

Entre las muchas definiciones de la práctica tecnológica, la que tal vez representa un enfoque más holístico puede ser *la aplicación de conocimientos científicos o de otro tipo con fines prácticos, mediante sistemas ordenados que involucran personas y organizaciones, seres vivos y maquinas* (Pacey, 1985, p.6). Esta definición, *a* diferencia de otras, no se limita a la consideración del conocimiento científico en función de la elaboración industrial como base del desarrollo tecnológico, sino que ofrece una visión más amplia que incluye todo tipo de conocimiento y sobre todo se centra en las personas y las relaciones.

Dentro de este enfoque pueden incluirse las diversas experiencias "alternativas" que fundadas en una considerable competencia técnica por parte de sus practicantes, recuperan y valorizan técnicas tradicionales, como una alternativa posible ante el modelo *high tech* que se presenta como la única alternativa en contextos altamente industrializados. Este último modelo no domina solamente la práctica profesional de los países del norte del mundo, sino que incluso en contextos considerablemente más pobres, y de diversas tradiciones tecnológicas, el intento por obtener productos edilicios altamente complejos e industrializados deriva en lo que algunos han llamado "*high tech* criollo". De este modo algunas ciudades del sur del mundo importan piezas desde Bilbao, con el consiguiente perjuicio en términos de consumo de energía gris y producción de CO_2, o se realizan copias de mala calidad que encandilan durante sus primeros meses de funcionamiento pero pronto pierden su atractivo y no logran ocupar un espacio en la conformación de la identidad.

Ante las condiciones geográficas, geológicas, físicas, climáticas, sociales, culturales y económicas, en algunos casos actualmente favorables, de las naciones del sur del mundo, la definición de un nuevo modelo de desarrollo sustentable tiene que incluir la consolidación de una "tecnología apropiada". Una voluntad de *revisión del rol de la tecnología asociada a la contención del uso los recursos, a la reducción de los desechos, a la participación, al control y le gestión de los procesos por parte de los usuarios, a la valorización de factores no monetarios, a la atención al hombre* (Bocco; Cavaglia, 2008, p.128). En esta óptica recuperar técnicas con materiales naturales poco elaborados como la tierra, y poner en marcha procesos de innovación en el uso de los mismos, podría significar una alternativa para el *tercio de la población mundial que vive en barrios de emergencia*, y que *no están solo al margen de la producción de riqueza, sino también del recurso de principio-esperanza* (Irace, 2008, p.16). Incluso puede presentar una solución para los problemas habitacionales de las grandes urbes occidentales, sobre todo ante el nuevo panorama de crisis internacional que ha exacerbado los problemas habitacionales incluso en los países dominantes.

El uso de estos materiales, incluso en contextos industrializados y en proyectos convencionales, puede suponer una opción ante los productos ofrecidos por el mercado, muchas veces no necesariamente desarrollados para mejorar las prestaciones de los edificios, sino para abaratar costos de producción y eliminar mano de obra. Esto no supone una propuesta de eliminación o modificación radical de la industria de la construcción, sino la apertura hacia nuevas alternativas que podrían convivir e incluso enriquecer el modelo tecnológico actual. El retorno a un tipo de trabajo artesanal y a procesos de autoconstrucción que puedan convivir con la realidad industrial podría ser una respuesta al problema global de la falta de trabajo por el desplazamiento de la mano de obra (sobre todo en los procesos productivos de los materiales de la construcción) a favor de las máquinas.

1.2 El rol de la educación, nuevas alternativas.

Es importante la construcción de una conciencia ética y de una sapiencia tecnológica relacionadas al oficio del arquitecto, dentro de este enfoque la formación académica es fundamental.

La crítica al modelo educativo tradicional evidenciado en el film documental, La Educación Prohibida *se propone cuestionar las lógicas de la escolarización moderna y la forma de entender la educación, visibilizando experiencias educativas diferentes, no convencionales que plantean la necesidad de un nuevo paradigma educativo*[1]. Reconoce que la educación tradicional actual fue consolidada dentro del paradigma positivista regido por una economía industrial, estandarizando resultados y definiendo objetivos generales. Ante esto se presentan diversas propuestas educacionales que consideran los vínculos humanos en el desarrollo individual y colectivo como fundamentales para la formación.

La educación universitaria en general, y la arquitectónica en particular, responden a la misma lógica. En los talleres de proyecto la práctica constructiva industrializada es considerada la práctica tradicional, mientras que las tecnologías utilizadas por siglos, son consideradas "alternativas". El desarrollo de proyectos teóricos solo con materiales industrializados (presentados al estudiante como elementos completos y finalizados) aleja al estudiante del conocimiento de los procesos de elaboración y de la experimentación en campo.

La universidad debería ser el lugar de la experimentación y la innovación y donde más que en ningún otro ámbito se deberían anticipar las normas. Debería ser el lugar de intercambio de información y enriquecimiento mutuo con el sector productivo, para por un lado obtener el conocimiento necesario para el desarrollo de proyectos sustentables, y por el otro para aprovechar el enorme potencial de los jóvenes estudiantes en términos de innovación y creatividad.

Siguiendo con la experiencias encaradas por escuelas de arquitectura *hands-on* que ya existen desde hace mucho tiempo; como el TIBA de Jhoan van Lenghen (Brasil), el Gosht de Brian Mac Kay (Canadá), o Rural Studio (EE.UU.), entre otros, el Politécnico de Turín, a

través de una metodología “aprender haciendo”, propone a sus estudiantes una oportunidad de enriquecer el proceso proyectual con la adquisición de conocimientos específicos sobre materiales y procesos constructivos, a través de métodos de autoconstrucción. Se crea de este modo, a través del uso de materiales naturales, localmente disponibles, y eco-compatibles; y sumando la colaboración con haciendas industriales, asociaciones de trabajo artesanal y distinto tipo de organizaciones; un espacio inusual para la experimentación y la innovación tecnológica.

2. APRENDER HACIENDO, UNA METODOLOGIA INTERDICIPLINAR

2.1 Objetivos

“Aprender haciendo”, aprender a través del hacer, del obrar, a través del accionar, manipular, actuar, experimentar sobre los materiales reales para obtener objetos físicos, y paralelamente, comprender, estudiar y elaborar la experiencia madurada a nivel teorético; es la estrategia educativa de tipo experimental adoptada en el Curso de Grado de Arquitectura Construcción y Ciudad, del departamento de Arquitectura y Design del Politécnico de Turín. Se permite así, a través de los distintos niveles formativos de la formación de grado, el desarrollo de Unidades de Proyecto Arquitectónico y Tecnológicos, junto a cursos opcionales y Workshops.

2.2 Metodología

Particularmente, en el ámbito de las Unidades de Proyecto “Regeneración de la ciudad africana: intervenciones para la auto-construcción de edificios públicos en Kigal” y “Cuzco Ciudad Linear-Escenarios de transformación a lo largo de la ferrovía” (complementaria de la experiencia extracurricular PRO-ROM), se ha propuesto una metodología formativa integrada que une los conocimientos y las competencias específicas de dos disciplinas entre ellas complementarias – la composición arquitectónica y la urbanística – y de una disciplina afín e integrativa - la ciencia y tecnología de los materiales – considerada un conocimiento indispensable para encarar decisiones racionales de proyecto y congruentes aplicaciones en la fase ejecutiva, con particular referencia a la construcción con tierra y a los procesos de autoconstrucción. De este modo, se ha buscado crear un circularidad entre acciones y retroacciones, fase productiva y fase formativa, aprendizaje práctico y aprendizaje teórico, proyecto y autoconstrucción, donde la actividad se presenta como un reflejo efectivo de la formación y la formación como reflejo de la acción, a través de un proceso orgánico e unitario.

De esta manera los alumnos desarrollan propuestas que van desde la escala urbana, a la definición de los detalles constructivos de sus proyectos, pasando por diversas escalas de definición arquitectónica, en donde la adquisición de conocimientos teóricos y prácticos alimentan y modifican constantemente las decisiones proyectuales y se construye de este modo una conciencia de la complejidad del hecho arquitectónico. Por otro lado se ofrece un primer acercamiento al mundo de la construcción, reconociendo tanto las problemáticas de una obra y obteniendo un conocimiento real de las características físicas de los materiales y de las técnicas de ejecución.

Al entrar en contacto directo con la materia y los procesos productivos el alumno aprende de manera creativa a través de la formulación espontánea de las preguntas que derivan en la generación de las respuestas.

2.3 Colaboradores

Esta idea ha podido concretizarse gracias a la cooperación y la patrocinio de algunas empresas y asociaciones italianas y el Politécnico de Turín, una colaboración didáctica que nace de la convicción puesta en la importancia de adquirir información directa del sector productivo y constructivo para comprender la potencialidad formal y expresiva de los materiales y de los componentes edilicios, además de las problemáticas relacionadas al proyecto tecnológico, a la puesta en obra y a la gestión. La hacienda agrícola Permacoltura

La Boa[2], il Bambuseto – cooperativa artesanal CasaDiPaglia[3]; la empresa Matteo Brioni[4], la industria Isolpack[5], la industria Buzzi Unicem spa[6] y el el Sermig di Torino – Arsenale della pace (Servizio Missionario Giovani[7]) – grupo de trabajo Re.Te[8], pusieron a disposición la experiencia tecnológica, la competencia de técnicos especializados y materiales para el desarrollo de los workshops de autoconstrucción.

De este modo, se pone en marcha una provechosa colaboración entre haciendas, mundo artesanal, cooperativas agrícolas, universidad y actividad de cooperación misionera, che ofrece la oportunidad de conocer estas realidades a los futuros arquitectos, y ha confirmado la eficacia de la sinergia didáctica entre formación académica y competencia artesanal e industrial, y por otro lado, ha permitido encarar diversas colaboraciones para el desarrollo de tesis de grado en países emergentes y en vías de desarrollo. El intento de establecer un diálogo entre técnicos, artesanos y estudiantes ha representado, en definitiva, otro aspecto de la experiencia didáctica propuesta y que se auspicia pueda encontrar en el futuro ocasiones concretas de proyecto en la actividad profesional de los alumnos participantes.

2.4 Contextos

Frente a un mundo que va hacia una pobreza creciente, la definición de los contextos de trabajo, no supone solamente la creación de una conciencia sobre los problemas de la actualidad, sino sobre todo la consolidación de un compromiso ético como futuros arquitectos.

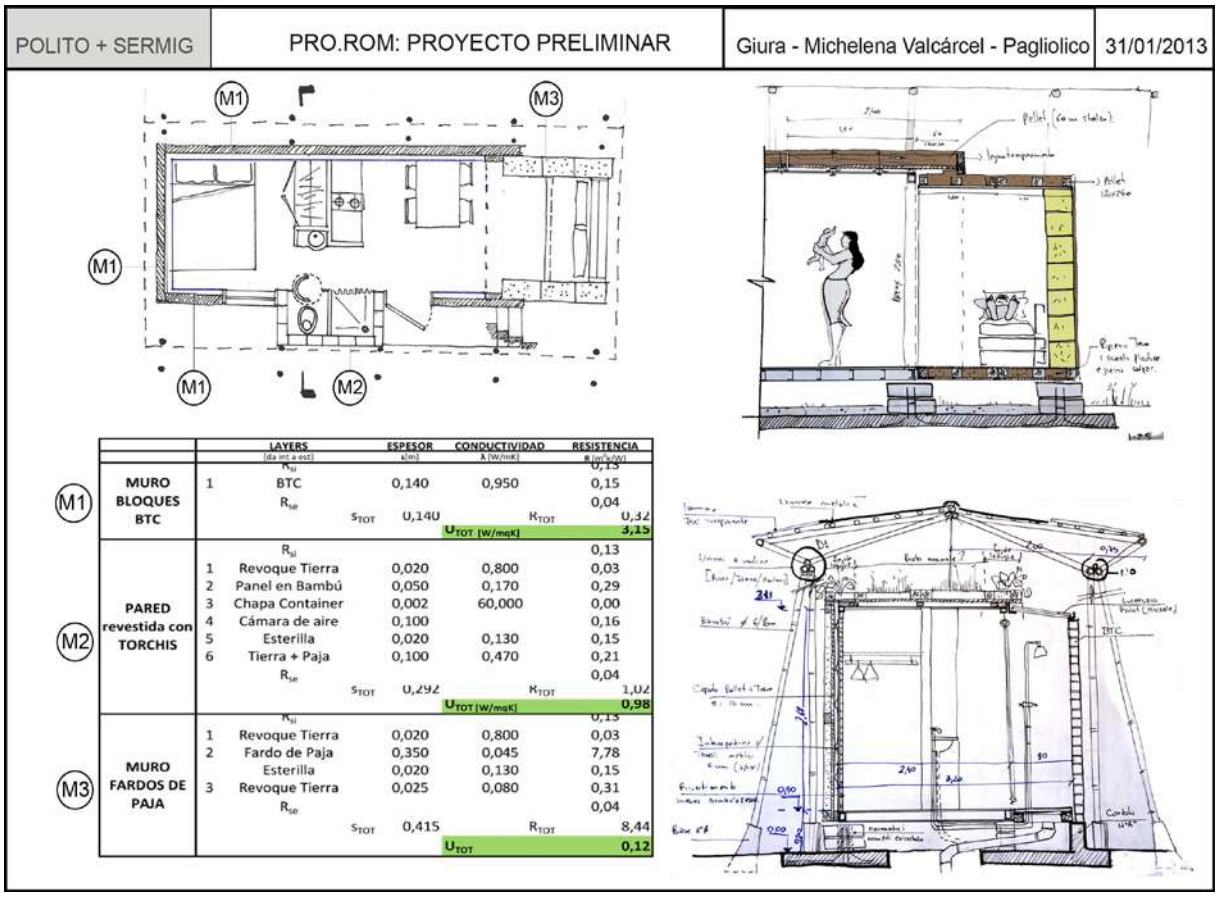


Figura 1: Proyecto preliminar Pro-Rom, con cálculo de prestaciones físico-técnicas estimativas

Los trabajos en ámbitos de emergencia de las ciudades del sur del mundo, obliga a estudiar el contexto tecnológico y la tradición constructiva con una mirada crítica que, al contrario de lo que uno pudiera suponer, deriva en la mayoría de los casos en conclusiones optimistas y esperanzadoras. Como explicaba Fridman (2009, p.16) *hemos constatado más de una vez que las bidonville, desde un cierto punto de vista son los laboratorios del futuro, en un mundo que se desliza hacia la pobreza.* Entre las ventajas dicho autor incluye la auto-planificación y la autoconstrucción, la búsqueda de independencia en la producción de

alimento y la obtención del agua, y sobre todo el intento de obtención de una tecnología apropiada.

El trabajo en ciudades como Kigali o Cuzco, supone desafíos diferentes en términos, tecnológicos, sociales y culturales, pero sirve además como laboratorio para el desarrollo de distintos proyectos de investigación encarados por estudiantes para ser aplicados Brasil, Rumania, Argentina, e incluso en Italia y aplicables en otros países europeos. Entre estos últimos, destaca el proyecto PRO-ROM (figura 1), que de manera extracurricular vuelve a incluir a los mismos colaboradores públicos y privados, y a los estudiantes dispuestos a continuar con su colaboración, proponiendo una aplicación en el contexto italiano de nuevas soluciones constructivas ante los diversos problemas habitacionales producidos por la crisis internacional.

3. CASOS ESTUDIO Y PROPUESTA TECNOLOGICA

Durante los distintos proyectos, los estudiantes han adquirido, no solo competencias proyectuales generales, sino que además, conocimientos específicos relativos a la disciplina de la planificación urbana y de la ciencia y tecnología de los materiales. Este enfoque tiene una particular referencia a la utilización de la tierra cruda en la construcción y a los procesos de autoconstrucción relacionado a otros actores del mundo productivo como la producción artesanal y la producción industrial.

La primera experiencia realizada, nace de la colaboración internacional entre el Politécnico de Torino y el Kigali Institute of Technology (KIT), Universidad Técnica de Ruanda, gracias a un acuerdo de intercambio docente cuyo objetivo era elaborar un proyecto de arquitectura de calidad a partir de una investigación crítica de los procesos de recualificación del tejido urbano de las ciudades africanas. A nivel tecnológico un estudio sobre los materiales disponibles, permite definir las tecnologías apropiadas a través del uso de bloques de tierra comprimida, estructuras de bambú, paneles de bambú revocados con tierra, impermeabilización de revoques de tierra, utilización de arena y pallets de madera para la realización de desagües y puentes. Además en al intento de definir procesos de transferencia tecnológica, se ponen a disposición de la Universidad de Ruanda, tanto los proyectos arquitectónicos, como los manuales de autoconstrucción que explican las soluciones técnicas experimentadas, para que estén disponibles para la comunidad.

A su vez, el proyecto Cuzco Ciudad Lineal, plantea la elaboración de propuestas ante el crecimiento urbano desmedido a lo largo de una línea ferroviaria en desuso. Reconociendo algunas problemáticas propias de los procesos de autoconstrucción con materiales industrializados en algunos ámbitos de emergencia del sur del mundo, se plantea sobre todo el trabajo sobre la envolvente de los edificios existentes (en su mayoría construidos en estructuras de hormigón armado y muros de cerramiento en bloques cerámicos huecos de 8 cm), a través del uso de técnicas hibridas que incluyan materiales naturales, materiales reciclados, técnicas artesanales y materiales industriales. Durante el Workshop de autoconstrucción, se utiliza como base la estructura de un conteiner metálico (considerado la envolvente más desfavorable) para probar diversas técnicas constructivas relacionándose de este modo con el proyecto PRO-ROM cuyo objetivo es la realización y entrega al futuro usuario de un prototipo habitable, escala 1:1, eco-sustentable y auto-construible que se llevará a cabo mediante la adecuación de un conteiner metálico de 6 metros.

Una estructura metálica abulonada a la estructura principal del conteiner (figura 2), sirve de soporte a los paneles modulares, y permite tanto la construcción de una cámara de aire cuanto el espacio para la eventual aplicación de otros aislantes, permitiendo que la solución se adapte al contexto. El revestimiento final está compuesto por:

- Paneles de 240 cm x 120 cm x 10 cm compuestos por pallets rellenos en tierra cruda, revocados con tierra.
- Paneles de 120 cm x 120 cm x 10 cm compuestos estructuralmente de un mix de madera reciclada y bambú con revoques en tierra,

- Paneles 120 cm x 120 cm x 5 cm compuestos de un marco metálico que contiene bloques de tierra comprimida de 28 cm x 14 cm x 5 cm.
- Paneles 120 cm x 120 cm x 5 cm compuestos de una marco metálico que contiene diversos trenzados de bambú revocados con tierra
- Paneles compuesto por fardos de paja y marco estructural de pallets, revocados en tierra
- Pallet en madera de 240 cm x 120 cm x 10 cm para la realización de una huerta hidropónica, para la autoproducción de alimentos.
- Cubierta independiente a una falda, realizada con vigas y columnas con cañas y haces de bambú con distintos nudos y anclajes, base de hormigón y paneles industrial de chapa rellenos de poliuretano o fibras minerales.

El proyecto Cuzco y el Pro-Rom prevén además la entrega de los manuales de construcción y la realización en Agosto del 2013 del primer proceso de transferencia tecnológica en Rumania. Se prevé la realización de un workshop utilizando un conteiner de iguales características y siguiendo los mismos objetivos que el anterior. Luego del análisis de los resultados, se continúa con el proceso de trasferencia tecnológica en situaciones análogas en ámbitos rurales del Perú, y en ámbitos urbanos de Argentina y Brasil.

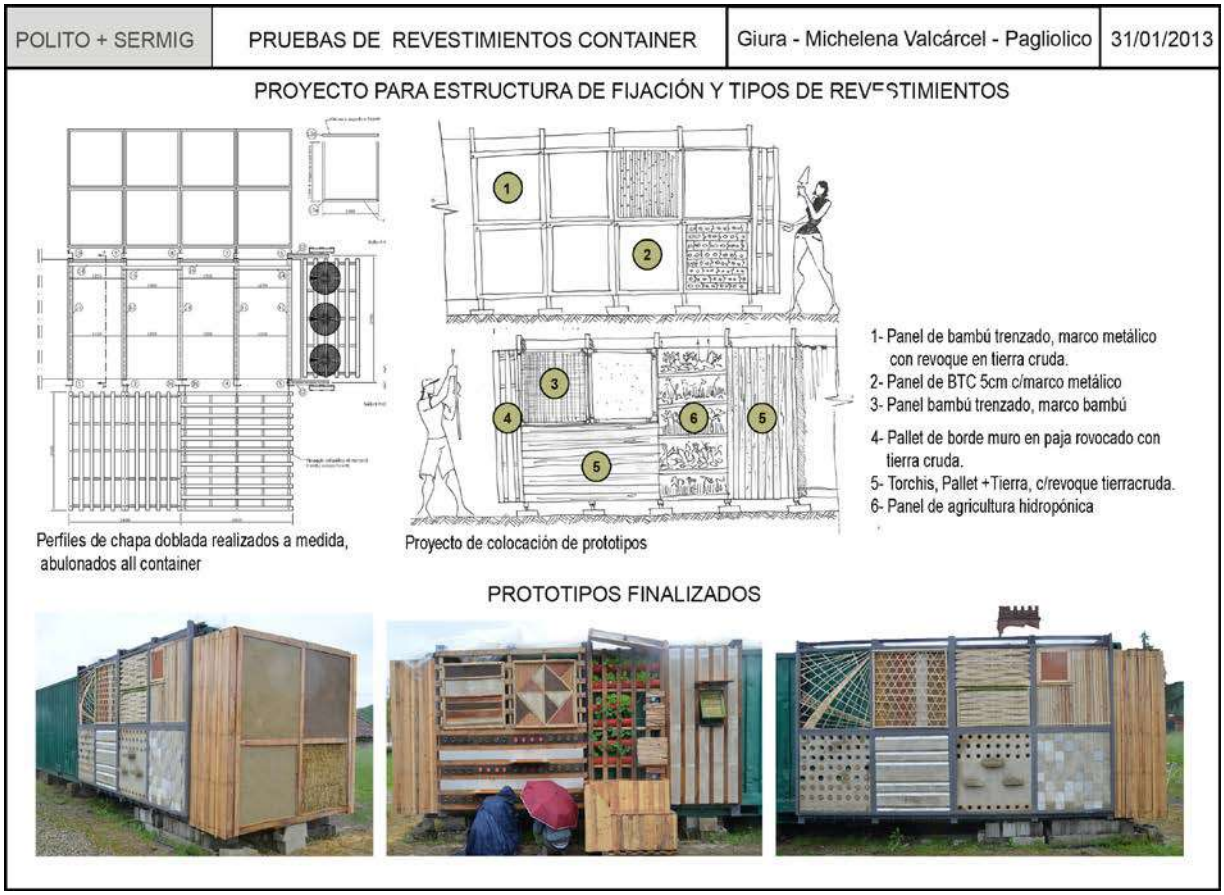


Figura 2: Esquema general de las pruebas de revestimiento sobre el conteiner.

4 ESCALA 1:1 EXPERIMENTACIÓN E INNOVACIÓN

4.1 El Workshop de autoconstrucción

El Workshop de autoconstrucción realizado dentro del módulo relativo a la ciencia y tecnología de los materiales, orientado a dirigir a los estudiantes a tomar decisiones proyectuales fundamentadas y coherentes, se ha focalizado en la profundización de conceptos relacionados con las propiedades, las técnicas y la aplicación de materiales de

bajo costo, ecológicos, reciclables y disponibles localmente como el bambú, la arena, los pallets, conteiner reciclados y en particular, la tierra cruda, material actualmente revalorizado por su compatibilidad con los proyectos de bio-arquitectura. De esta manera a permite a los estudiantes realizar proyectos de autoconstrucción escala 1:1

De hecho, todavía hoy la tierra cruda es el material de construcción ampliamente más utilizado en nuestro planeta, si bien aparezca en el imaginario común como un material pobre, problemático y tecnológicamente superado. …*Más de la mitad de la población mundial, cerca de tres mil millones de personas, distribuidas en los seis continentes, vive o trabaja en edificios construidos en tierra* (Rael, 2008, p.9).

Este material de tradición milenaria, hoy vive una fase de intensa innovación tecnológica, tanto en África como en Europa y América Latina, permitiendo, de hecho, el estudio de nuevas aplicaciones gracias a las correlaciones directas entre las características específicas proyectuales y las características prestacionales del material.

Se les ha otorgado a los estudiantes la oportunidad de focalizar la atención en aspectos fisicoquímicos y mecánicos de las manufacturas en tierra cruda y su correspondencia directa con las prestaciones macroscópicas de los materiales.

Cada workshop incluyo la participación de casi 70 alumnos divididos en grupos temáticos y responsables de elaborar el proyecto tecnológico, proponer innovaciones y desarrollar la construcción de los prototipos 1:1 de cada una de las técnicas seleccionadas.

4.2 Presentación de materiales

La tierra cruda fue el material preferencial para la experimentación durante los workshop. Por lo tanto el Politécnico de Turín ha recibido el apoyo de una empresa del sector, Matteo Brioni, con sede en Gonzaga (Mantua), que puso a disposición además de su experiencia y su contribución formativa, el material utilizado para la realización de los prototipos. Esta decisión fue tomada, por otro lado, para tener una caracterización precisa del material aplicado[9].

4.2.1 Características de los productos utilizados para los revoques

TERRABASE color ocre:

Revoque de fondo mono-capa en tierra cruda, premezclado a seco: arcilla, agregados calcáreo-silicios (0-3 mm) y fibras vegetales.

Se trata de un revoque obtenido mezclando arcilla con arena fluvial de naturaleza silicático-carbonática. Presenta además un 10% de fragmentos vegetales. Los inertes de la arena (cuarzo, caliza y dolomita, feldespato, pórfido, silex y areniscas) tienen granulometría en su mayoría media pero presentan fragmentos milimétricos. La relación entre agregado-legante se sitúa en valores cercanos a 4,0-4,5. La fracción granulométrica prevalente es la del arenáceo medio, acompañada de un porcentaje discreto de fragmentos milimétricos. La densidad del revoque aplicado es de 1800 kg/m^3, mientras que la conductividad λ es de 0,64 W/mK, la permeabilidad μ de 10 y el rendimiento indicativo de 14,5 kg/mq/mm

RASOTERRA color ocre

Revoque de terminación en tierra cruda, premezclado a seco: arcilla, agregados calcáreo-silicios (0-0,4 mm), fibras vegetales y harinas vegetales en un porcentaje inferior a 1%.

El agregado mineral está representado, también en este caso, de inertes de naturaleza exclusivamente silicática. El legante se da por medio de una matriz amarillo oscura a basa de arcilla. La porosidad es elevada, de origen prevalentemente primaria, y se sitúa en torno a valores del 40% respecto al volumen total. El rendimiento indicativo es de 3,5 kg/mq/mm

TERRA VISTA color blanco, chocolate, rojo

Revoque fino en tierra cruda premezclado en seco: arcilla, agregados calcáreos-silicios (0-0,3 mm) y harinas vegetales en porcentaje inferior al 1%.

El revoque investigado (espesor variable entre 0,75 mmy 1,5 mm) esta constituido de arcilla mixta a un carga seleccionada de naturaleza exclusivamente silicática, compuesta de numerosos cristales de cuarzo, raramente silex, pocos feldespatos y aislados granos de calcáreos. La porosidad es media y está dada por los poros y por las micro-fisuras primarias.

Los colores del revoque de terminación se obtienen exclusivamente del color natural de las diferentes arcillas utilizadas, no se agrega ningún tipo de pigmento, natural o sintético. El rendimiento indicativo es de 1,2 kg/mq/mm

4.2.2. Características de la tierra utilizada para la producción de los bloques en tierra cruda estabilizada y de muros entramados tipo "quincha" o "torchis"

BARBOTTINA, aglomerante de arcilla pura, hornos de Matteo Brioni

El análisis de difracción con rayos X[10] evidenció la presencia de cuarzo, calizas, moscovitas, crinocloro, albita y anortita. Del análisis granulométrico se verifica la distribución granulométrica monomodal centrada en valores de alrededor 10 µm.

4.3 Experimentación en revoques en tierra

Además de la realización de prototipos sobre diversas superficies (paneles de bambú desmontables, revoques sobre bloques de tierra, revoques sobre hormigón, etc.), fueron realizadas algunas pruebas de resistencia a los agentes atmosféricos. Con este objetivo fueron realizadas por los estudiantes algunas muestras de revoques de características diversas y puestas a la intemperie por 12 meses.

Los revoques fueron aplicados sobre un muro de hormigón según un criterio de progresiva estratificación. Las imágenes presentadas en la figura 3 muestran como fueron aplicados distintos grados de terminación a las diversas muestras:

I. terrabase+rasoterra+coccio-pesto (*mezcla tipo opus signinum)* industrial (Mapei)
II. terrabase+rasoterra+terra vista color blanco
III. terrabase+rasoterra+terra vista color rojo
IV. terrabase+rasoterra+terra vista color chocolate
V. terrabase+rasoterra colore ocre
VI. terrabase+rasoterra+coccio-pesto (*mezcla tipo opus signinum)* producido por los alumnos
VII. terrabase

Además, la mitad de cada muestra (excluyendo a aquellas tratadas con el coccio-pesto) fue tratada con un aceite natural de cítricos con el objetivo de aumentar la hidro-repelencia del revoque.

Pasado un año se ha podido observar come se produjo una erosión producida por la lluvia y un desprendimiento del revoque no protegido en el revoque de terminación VII. La muestra protegida por una terminación a tierravista (II y III), se ha degradado pero en la zona tratada con aceite de cítricos se ha mantenido en condiciones bastante buenas (mitad inferior). Las muestras protegidas por el coccio-pesto (I y VI) no sufrieron ningún daño.

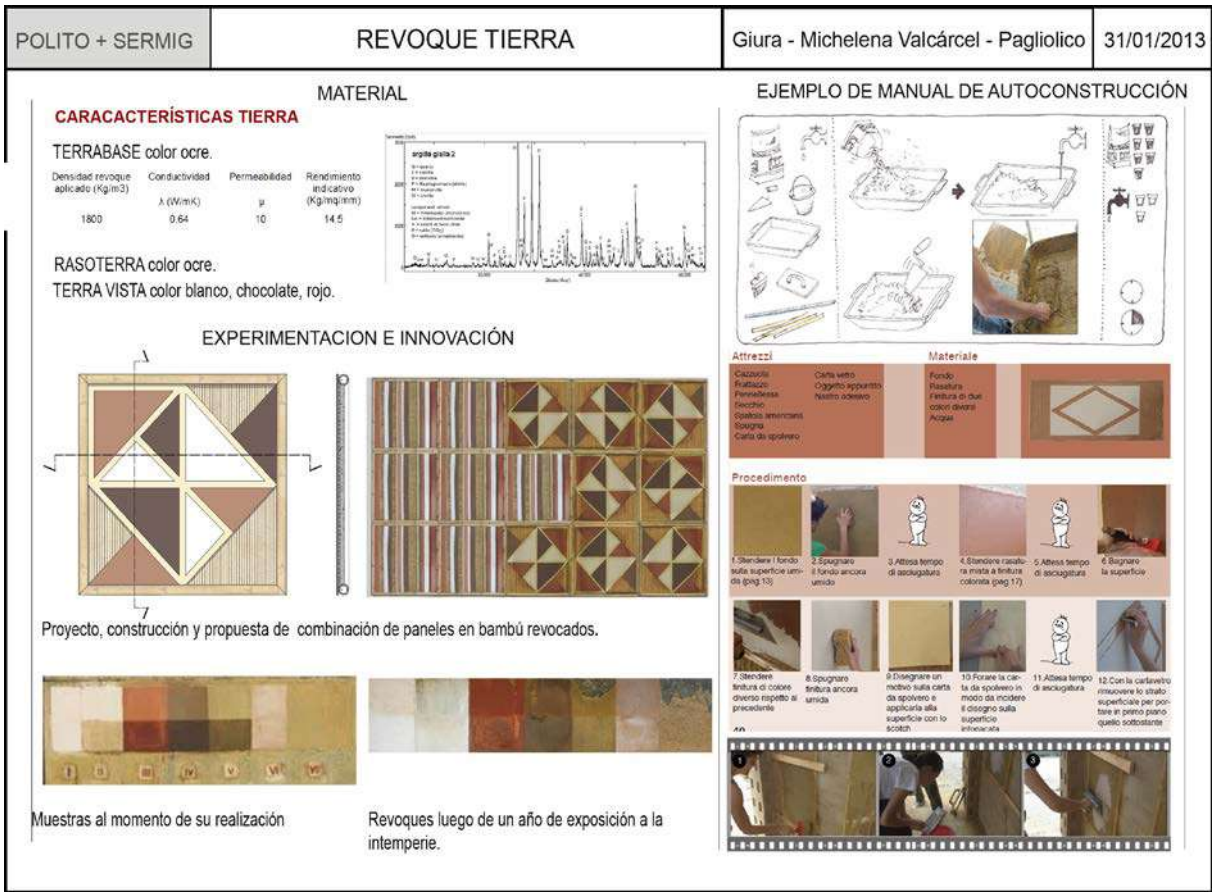


Figura 3: Características, pruebas y manual de autoconstrucción de los revoques en tierra cruda.

4.4 Experimentación con bloques BTC, BTC "Mattone" e BTC "Mattone/2"

La experimentación con los BTC se desarrolla como continuación de una actividad de investigación ya consolidada y conducida por años por el laboratorio "Pruebas materiales y componentes" de la Facultad de Arquitectura de Torino y en particular gracias a la actividad de investigación del profesor Roberto Mattone. El objetivo principal es proponer un tipo de utilización de la tierra cruda innovando en el plano tecnológico, con la finalidad de actualizar y hacer más eficaz la utilización de este material. Dentro de este enfoque se incluyen las modificaciones realizadas a una presa manual (la GEO 50 de la empresa ALTECH capaz de aplicar un esfuerzo de compactación de aproximadamente 2 MPa) para llegar a producir, con la misma operación con la que se producen los correspondientes bloques paralelepípedos, elementos de forma particular, dotados de entrantes y salientes, que se vinculan mecánicamente los unos con los otros para facilitar el proceso constructivo.

Con el objetivo de continuar la investigación sobre esta tecnología, se desarrollaron diversas tesis magistrales que se ocuparon de indagar las prestaciones de los BTC. Entre otras, se efectuaron análisis de laboratorio sobre terrenos de diversas naturalezas y pruebas de resistencia mecánica de las cuales se desprende una resistencia a la compresión de 3,5 MPa[11]. (Tassore, Thumiger 2009; Bairati, Giura 2010)

En los últimos dos años esta experimentación se continúa gracias a la contribución de los estudiantes que participan de los workshops de autoconstrucción donde es posible ampliar el campo de la investigación. La tarea de los estudiantes es continuar con la elaboración de la forma del bloque para mejorar sus prestaciones (facilidad de puesta en obra, colocación de instalaciones, etc.) y experimentar además compositivamente con texturas para imprimir en la superficie de los bloques mismos, realizando como finalización, un prototipo de muro en escala 1:1. Las modificaciones se realizaron colocando dentro de la presa elementos especiales para modificar el encofrado, elementos proyectados y construidos por los estudiantes.

En el caso específico del Workshop de autoconstrucción 2013, el objetivo principal es la experimentación de la potencial utilización del bloque dentro de paneles prefabricados como módulos de fachadas ventiladas, por lo tanto, se ha realizado con la misma presa un bloque experimental de espesor reducido a la mitad (28 cm x14 cm x5 cm). La tarea de los estudiantes es la de experimentar diversas opciones de puesta en obra de los bloques al interno de marcos metálicos prefabricados, y también de experimentar diferentes tipos de mezcla en la fórmula para la preparación del bloque, con la posible inclusión de materiales de diversa granulometría o fibras que modifiquen el rendimiento desde el punto de vista mecánico, térmico y acústico.

Desde el punto de vista de sus prestaciones físico-técnicas, la tierra es de hecho un material con óptimas características en cuanto contribuye a la regulación del confort térmico, gracias a su elevada capacidad térmica y a la regulación de la humedad del interior del ambiente gracias a su higroscopicidad. Las características físico-técnicas[12] de los bloques BTC "Mattone" y de los BTC "Mattone/2 se detallan en las tablas correspondientes a cada sistema (figuras 4 y 5).

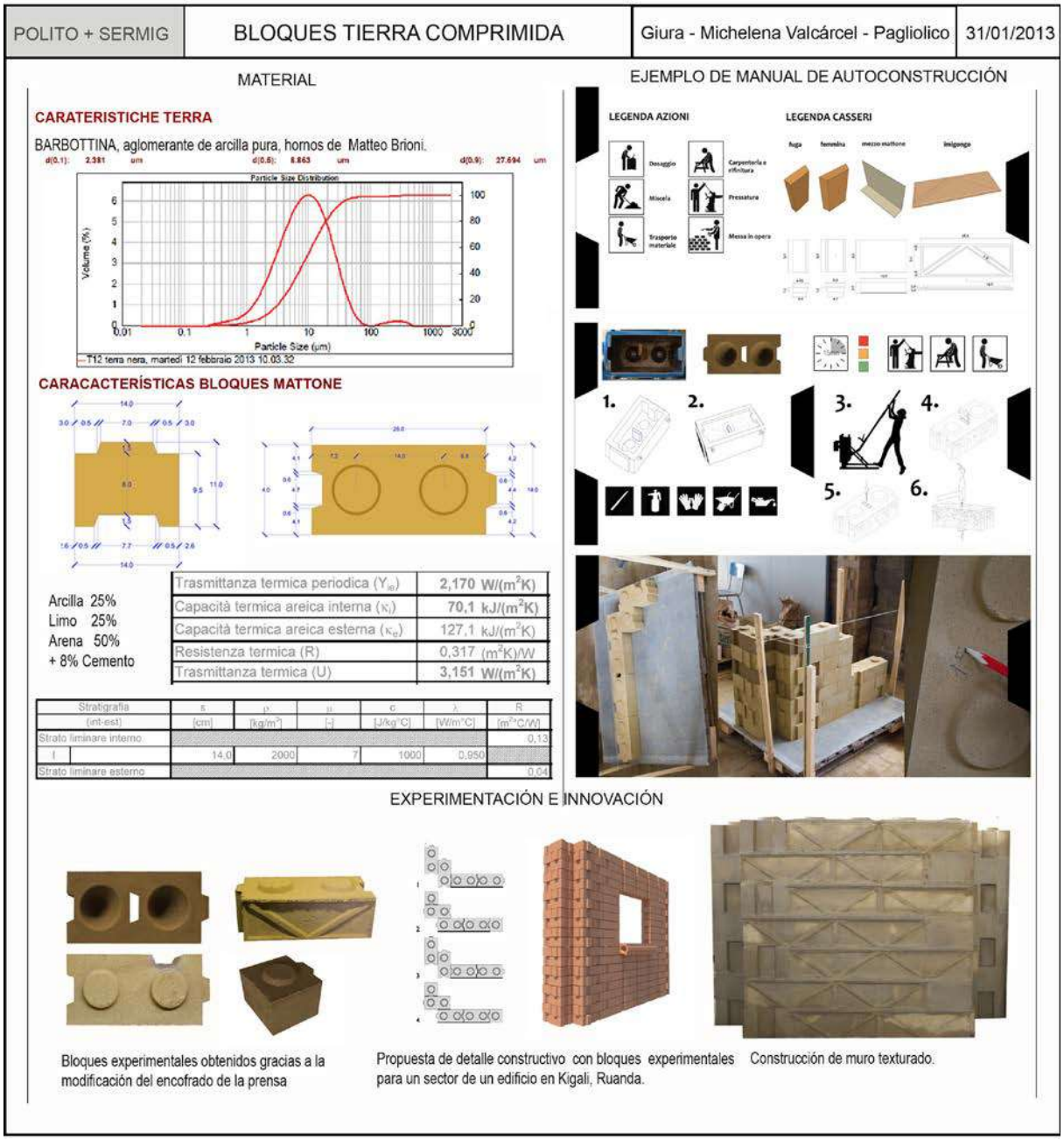


Figura 4: Características, pruebas y manual de autoconstrucción de los bloques BTC.

4.5 Sistemas muros entramados tipo “quincha” o “torchis”

Las casas en sistemas entramados están caracterizadas por una estructura portante en madera, rellena en tierra a menudo mezclada con paja. Se utiliza una mezcla plástica, blanda y pastosa, hecha de arcilla y materiales fibrosos vegetales (prevalentemente paja triturada e incluso pelo animal). La técnica de puesta en obra prevé el relleno con la mezcla de tierra durante el estado plástico. La estructura de madera es en general muy liviana y fácil de montar, mientras que la tierra constituye un excelente material de relleno muy fácil de colocar.

Las tierras que son utilizadas para esta técnica, son aquellas caracterizadas por una composición fina con un alto contenido de arcilla. Debido a que contienen un porcentaje bajo de arena, para evitar la producción de fisuras deben utilizarse fibras vegetales.

El objetivo de esta experimentación se centra en la actualización de esta técnica, aplicada a un panel modular auto-construible. En cuanto respecta a la estructura de madera, se ha considera que el elemento pallet ofrezca una buena repuesta entre economía-disponibilidad, prefabricación y modularidad estándar.

Materiales y proporciones para la mezcla de relleno del pallet son:

Tierra arcillosa (barbottina) :	7 partes
Arena:	3 partes
Paja (10 cm):	1/3 de la cantidad de la mezcla
Agua:	15-30%

El panel, mezcla+pallet, se acompaña de un estrato de revoque en tierra (terrabase+rasoterra+terravista), dejando a la vista los montantes de madera (tratados con impregnantes naturales).

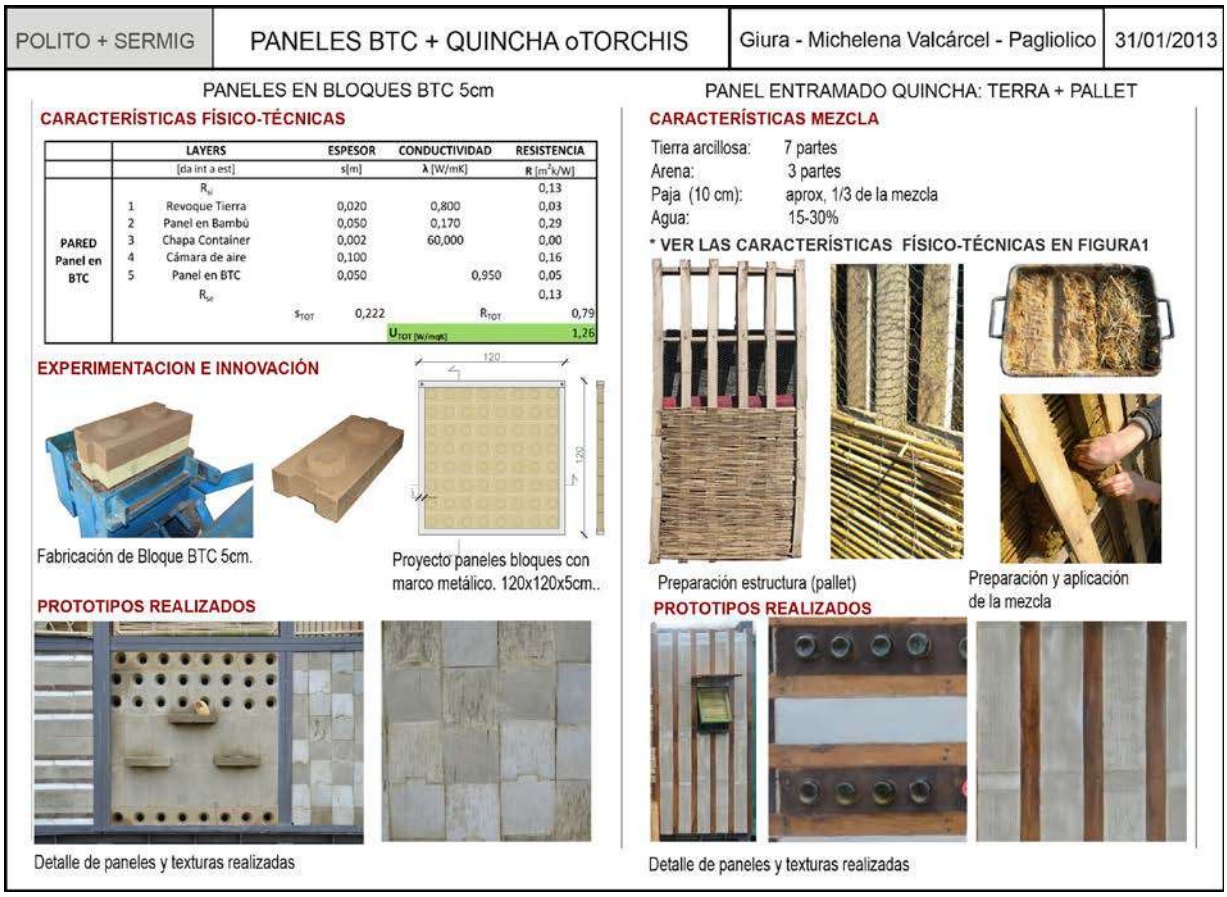


Figura 5: Características y prototipos de los paneles en BTC ½ y de las quinchas.

4.6 Panel de agricultura hidropónica con recirculación forzada de nutrientes mediante bomba alimentada por un panel fotovoltaico

El objetivo de esta experimentación es emplear la técnica de la agricultura hidropónica para la realización, a través de un sistema de autoconstrucción, de una pared verde, mediante paneles modulares. En cuanto respecta a la estructura portante, se optó por el pallet por las mismas características de economía, disponibilidad, modularidad y prefabricación que para el torchis. La hidroponía prevé el cultivo de algunas especies vegetales fuera del suelo, evitando la eventual contaminación microbiológica del terreno y utilizando una cantidad muy reducida de agua. El sistema de cultivo hidropónico puede ser alimentado por la simple caída del agua, sin circulación forzada, o con un sistema de recirculación de los fluidos mediante bombeo. La alimentación de la bomba puede realizarse mediante una conexión a red, o utilizando fuentes energéticas alternativas, como los paneles fotovoltaicos. El SERMIG de Turín, ha desarrollado ambas tecnologías y ha puesto a disposición de los estudiantes del workshop el know-how para la realización del panel verde de revestimiento. La pared verde consentirá de incrementar las condiciones de confort indoor, y de realizar en un espacio reducido, una “huerta urbana” que producirá fresas y lechugas (figura 6).

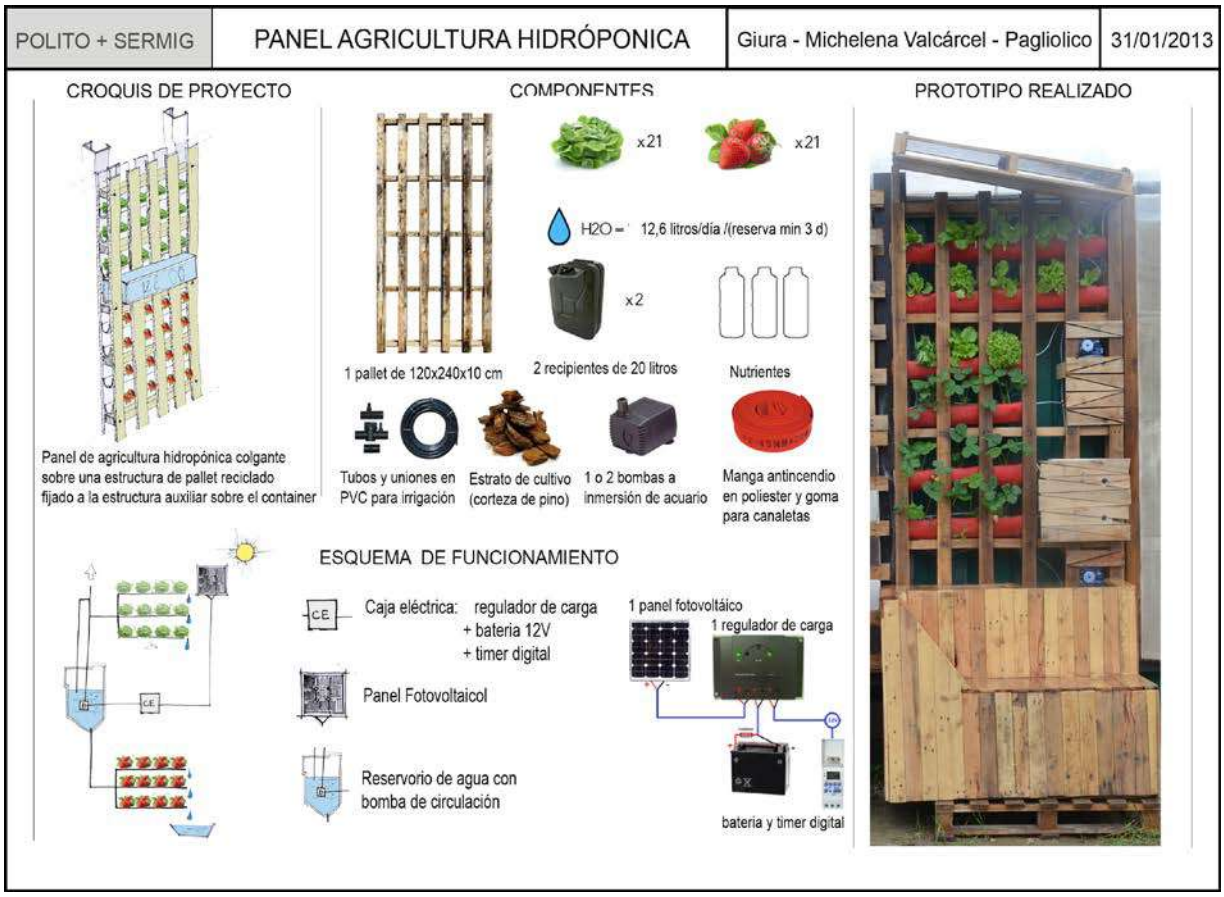


Figura 6: Proyecto y realización de un panel colgante de agricultura hidropónica

4.7 Manuales de autoconstrucción

La actividad de experimentación desarrollada por los estudiantes fue documentada por los mismos a través de la redacción de una serie de manuales de autoconstrucción donde se describieron de manera sintética los materiales, los instrumentos utilizados, las técnicas base y las técnicas innovativas, es decir, las técnicas alternativas experimentadas por los estudiantes; siguiendo una modalidad explicativa simple.

El objetivo final de los manuales no es solamente el documentar en manera clara, sintética y científica el trabajo, sino poner a disposición la experiencia para futuros procesos de transferencia tecnológica en diversos contextos. Ejemplos de los manuales realizados para la aplicación de revoques y la fabricación de bloques pueden verse en las figuras 3 y 4[13].

5 CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado en el ámbito de la Unidad de proyecto/workshop de autoconstrucción, está lleno de resultados positivos, tanto desde el punto de vista de la didáctica, cuanto en el campo de la investigación, involucrando exitosamente a los estudiantes en la actividad experimental. Desde el punto de vista de la investigación, la satisfacción obtenida gracias a los resultados de la primera experimentación durante el 2012, ha permitido individuar con mayor claridad los objetivos de la experiencia del 2013. Esta última se enfoca con mayor atención a las posibilidades de las manufacturas modulares y auto-construibles, realizadas en materiales eco-compatibles y localmente disponibles. Se evalúa su correspondencia efectiva a determinados requisitos, con particular atención al *confort indoor*. Un conjunto de actividades de investigación y prueba previas a la realización del workshop 2013 (desarrollado entre fines de Marzo y principios Mayo 2013) permitió cierta recopilación de datos puestos a disposición de los estudiantes para la elaboración de sus proyectos y la construcción de sus prototipos. El resultado de la experiencia en su totalidad, serán objeto de una próxima publicación que describirá en detalle los resultados de los workshop y puntualizará en la descripción químico-física de las manufacturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bairati; Giura, Clara (2010). *Terra cruda e Africa contemporanea*. *Progetto per una scuola materna a Minabò, Costa d'Avorio*. Relatores Simonetta Pagliolico, Matteo Robiglio, Enrico Fabrizio, Politecnico di Torino.

Bocco, Andrea; Cavaglià, Gianfranco (2008). *Cultura tecnologica della architettura*. *Pensieri e parole, prima dei disegni*. Caroci Editore.

Friedman, Yona (2009). *L'Archiettura della sopravvivenza, Una filosofia della povertá*. Bollati editore.

Irace, Fluvio (2008). *Casa per tutti. Abbitare la citta globale*. Trienale Electra

Pacey, Arnold (1985). The culture of technology. Oxford: B.Blakweel.

Rael, Ronald, (2008). *Earth architecture*. Princeton Architectural Press.

Tassone, Cecilia; Thumiger, Martha (2009). *BT(P)C, Blocchi in terra e plastica compressa per moduli abitativi ad Anyama-Adjamé, Costa d'Avorio*, Tesis de Laurea, Relatores Pierre-Alain Croset, Simonetta Pagliolico, Nuccia Maritano Comoglio, Politecnico di Torino-

Notas

[1] http://www.educacionprohibida.com

[2] http://www.laboa.org/

[3] http://www.bambuseto.it/

[4] http://www.matteobrioni.it/

[5] Empresa líder en el sector de materiales para edilicia civil e industrial, con numerosos componentes metálicos modulares para cubiertas, pisos, paredes y cielorrasos.

[6] Grupo multi-regional, focalizado en el cemento, hormigón armado y agregados naturales. http://www.buzziunicem.it/online/it/Home/Chisiamo.html

[7] Nace en el 1964 de la intuición de Ernesto Olivero, y de un sueño compartido con muchos: derrotar el hambre con obras de justicia y de desarrollo, vivir en solidaridad hacia los más pobres y dar una atención especial a los jóvenes buscando junto a ellos el camino de la paz. De este "SI" de los jóvenes, familias, y religiosos, nació la Hermandad de la Esperanza, para estar cercano al hombre y a sus necesidades materiales y espirituales.

[8] La Re.Te. (restitución tecnológica) es una referencia fundamental económica y tecnológica al interno del Sermig. Nace en 1981 dentro del enfoque de la "Esperanza Tecnológica", una publicación mensual del Sermig, proyecto encarado por Giorgio Ceragioli, profesor del Politécnico de Torino.

Constituido por personas de diversos talentos, in torno a los cuales rotan expertos disponibles para la asesoría de cada caso, el rol del grupo es el de individuar respuestas técnicas concretas a las necesidades que emergen en relación a misiones, Onlus, Ong, dispersas en todo el mundo. Se trata de respuestas funcionales en cuanto simples y adaptables a la realidad a la que son destinadas por su bajo costo, la simplicidad del mantenimiento, y la posibilidad de autoconstrucción.

[9] Análisis efectuados por T.S.A. srl - Tecnologie Scientifiche Applicate Diagnostica per il Restauro Artistico e Monumentale Studio en secciones sutiles, observaciones al SEM, análisis xrd, ft/ir, xrf. Análisis termo-gravimétrica y mediante HPLC.

[10] Análisis efectuado por el Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" (DIEF, Università di Modena e Reggio Emilia), grupo de investigación del DIEF coordinado por el Prof. M. Messori.

El análisis a rayos x se efectuó sobre muestras en polvo (<25 μm) oportunamente seleccionadas. Los polvos fueron analizados con un diafractómetro para polvo Bragg-Brentano (X'Pert, Philips) utilizando la radiación Ni-filtered CuKα (λ =1.5418 Å). Fueron registrados en el intervalo angular a 5-70° a temperatura ambiente con una velocidad di escaneo de 0.005°/s por step y un step size de 0.02°

[11] Las pruebas de compresión fueron efectuadas en el "Laboratorio di prove e componenti Roberto Mattone", haciendo referencia a la norma RILEM TC 164-EBM: Mechanics of Earth as a building material. M. C., Jiménez Delgado, I. Canas Guerrero, The selection of soils for unstabilised earth building: a normative review, in "Construction and building materials" n.21, 2005.

[12] Los valores de transmitancia, admitancia térmica interna y factor de atenuación, fueron calculados con el programa "Invólucro" (envolvente) puesto en marcha por el profesor Vincenzo Corrado para evaluar los parámetros dinámicos y de las prestaciones higrotérmicas de los componentes edilicios según las normas UNI EN ISO 13786:2008 e UNI EN ISO 13788:2003.

[13] Los manuales de autoconstrucción presentados en las figuras fueron realizados por el grupo de estudiantes Cerrutti- De Valeris-Ehrhardt-Fausone-Favaro-Giangiacomi-Meneghin para Revoques, y por el grupo conformado por Minniti-Stevaux-Stella-Torchio para bloques BTC.

Currículos

Clara Giura, Arquitecta del Politecnico de Turín, ha realizado su tesis de investigación sobre la "Tierra cruda y Africa Contemporanea", proyectando una escuela materna en Costa de Marfil. Ha desarrollado distintos proyectos de transferencia tecnológica sobra tierra cruda para contextos de emergencia africanos, y colabora con el Politécnico de Tourín en la realización de Workshops y seminarios. Voluntaria Re. Te. Sermig

Emiliano Cruz Michelena Valcárcel, Arquitecto Universidad de Buenos Aires, estudios de historia de la arquitectura en la UNAM-Madrid, y de Conservación en la Universidad Di Tella. Colaboró en grandes emprendimientos de Conservación, y realizó trabajos en ámbitos de emergencia. Actualmente realiza del doctorado en Innovación Tecnológica en Turín, investigando la utilización de materiales naturales para sectores de emergencia en ámbitos urbanos.

Simonetta Pagliolico, Ingeniera química del Politécnico de Turín. Trabajó en el Montedison Research Cebter Donegani, y realizo el doctorado en Ingenieria Quimica en Turín, donde actualmente es profesora. Formación post-doctoral en Ciencia de los Materiales en el INSA de Lyon, Université de Limoges; y CSIRO Sidney. Desde el Politécnico y en la rete Sermig, coordinó diversos proyectos sobre la tierra cruda.

EVALUACIÓN DE DAÑOS Y SOLUCIONES PARA CONSTRUCCIONES EN TIERRA CRUDA: MANUAL DE TERRENO. DOCUMENTO TÉCNICO CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Juan Enrique González Gain[1], Hugo Enrique Pereira Gigogne[2]

[1]Estudio de Arquitectura JEGG, Santiago, Chile, estudio@jegg.cl
[2]Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile, pgigogne@gmail.com

Palabras claves: valor patrimonial, difusión, construcción, patologías, manual.

Resumen

El terremoto del 27 de Febrero de 2010 afectó la Zona Central de Chile causando importantes daños en el patrimonio arquitectónico construido a base de tierra. La escasa bibliografía referida a la reparación de este tipo de edificación motivó que un equipo profesional interdisciplinario de arquitectos, ingenieros y constructores civiles contribuyera a la elaboración de una guía para abordar éste tipo de intervención. Se gestionó financiamiento estatal a través de un concurso enfocado en la innovación tecnológica, lo que permitió la edición del Manual de Terreno.

En el proyecto gestionado y liderado por el arquitecto Juan Enrique González Gain se abordaron las cuatro técnicas constructivas a base de tierra con mayor presencia en Chile. Estas son el adobe, el tapial, la mampostería de piedra asentada en barro y la técnica mixta-tierra madera, particularmente quincha y adobillo.

El documento elaborado entrega una metodología práctica para la evaluación de daños y nociones básicas acerca de las causas de los daños, y propone una serie de alternativas de reparación.

En el libro se identifican los principales daños presentes en las construcciones en base a tierra, indicando origen, nivel de riesgo y elementos constructivos comprometidos. Expone también las principales soluciones a los daños identificados con una estrategia de intervención, especificando mano de obra, materiales, herramientas, equipos y detalles del proceso constructivo.

Para facilitar el uso del Manual, se ha incluido un índice de doble entrada que relaciona los daños diagnosticados con alternativas de soluciones disponibles, las que exponen una estrategia de intervención y recuperación de las edificaciones dañadas.

Esta publicación pretende ser un aporte en el camino de lograr una norma que acoja de manera adecuada los sistemas tradicionales de construcción, sin dejarlos de lado sólo por una equivocada aplicación o una mala preservación.

1. PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El “Manual de Terreno” (CDT, 2012) recopila importante y valiosa información acerca de los sistemas constructivos tradicionales que usan tierra en Chile, rescatando técnicas que se estimaban olvidadas y obsoletas. Este documento ha sido desarrollado en el marco del “Concurso Bienes Públicos para la Innovación y Fortalecimiento de Capacidades para la Reconstrucción 2010” impulsado por Innova Chile de CORFO(1) (Corporación de Fomento de la Producción) y es el resultado del trabajo riguroso de un grupo de profesionales expertos que posibilitó establecer criterios para la correcta identificación de los distintos sistemas constructivos tradicionales y la evaluación de los daños más comunes sufridos por las edificaciones a base de tierra. Al mismo tiempo entrega una serie de soluciones generales que permiten abordar prácticamente cualquier proyecto de restauración o reconstrucción con éste material.

El trabajo de investigación responde a un llamado a la innovación para la reconstrucción de infraestructura dañada por el terremoto del 27 de Febrero de 2010 y a la vez deja una base para la conservación y restauración ante futuros sismos. Innovación significa cambiar algo

introduciendo novedades y es en ese sentido que el documento rescata la experiencia de la construcción tradicional, agregando nuevas prácticas, nuevos materiales y nuevas tecnologías. Se convierte así en un esfuerzo por volver a comprender la tradición constructiva y arquitectónica de gran parte del territorio chileno y otorgarle renovado valor.

Como Manual de Terreno —de difusión gratuita a través de la Web[2] —, es una herramienta práctica que permite tanto a profesionales de la construcción como a cualquier interesado en preservar el patrimonio arquitectónico abordar un proyecto de reparación, restauración o preservación.

El documento recoge y transmite las formas arquitectónicas y las metodologías constructivas tradicionales y las pone al servicio del hombre moderno y su contexto, siendo un aporte a la reconstrucción y preservación patrimonial de edificaciones de tierra. Su presentación en fichas permite proyectar la información en el tiempo, ya que deja abierta la posibilidad de que se pueda completar, mejorar, corregir y aumentar.

Así, contemplando el pasado y los sistemas tradicionales como base de estudio y aprendizaje —ya que es fundamental reconstruir comprendiendo el lenguaje de la cultura y sus productos— y con una clara conciencia del presente y de las ventajas de la experiencia y la tecnología, se logró un documento con vocación de futuro que está al servicio de la preservación del legado cultural arquitectónico para las próximas generaciones.

1.2 Marco Teórico

Distintos autores estiman que entre un 40% y un 80%[3] de la construcción en el mundo está hecha a base de tierra. La mayoría de quienes escriben, investigan o desarrollan proyectos de construcción con este material está de acuerdo en que se trata de un rango bastante amplio, probablemente porque gran parte de las obras que usan tierra se ubican en zonas remotas y en países en vías de desarrollo donde existe poco registro de las construcciones, lo que hace muy difícil llegar a una cifra más certera.

La construcción en tierra ha estado presente en el diseño arquitectónico y en el desarrollo de civilizaciones y ciudades desde hace más de 9.000 años. Todas las civilizaciones antiguas utilizaron tierra, tanto para la construcción de viviendas como para albergar edificios públicos.

Ya en la antigua Turquestán fueron descubiertas viviendas del 8.000 a.C., según lo describe Raphael Pumpelly en 1905, en su libro *Explorations in Turkestan*.

A lo largo del país se encuentra una gran cantidad de obras construidas con este material, desde las iglesias y viviendas altiplánicas, en las que se utiliza en gran medida la mampostería de piedra asentada en barro, hasta las grandes casonas de adobe de las zonas centro y sur, principalmente rurales. Entre estas dos zonas geográficas existe una gran gama de técnicas constructivas que se adaptan al entorno de acuerdo a la disponibilidad de materiales. Se encuentra el adobillo en Valparaíso; la albañilería de adobe reforzado con hierro en el Norte Grande; o la quincha muy presente tanto en zonas urbanas como las zonas rurales.

La arquitectura patrimonial tradicional, construcciones vernaculares diseminadas en el territorio de tradición agraria, íntimamente ligada a la tierra, son elementos que caracterizan el paisaje y son parte importante de la identidad cultural e idiosincrasia. Desde la Colonia, los materiales de construcción utilizados en los campos chilenos han mantenido su carácter natural, con poco o nada de procesos de elaboración (tierra, barro, arcilla, piedra, madera…) Estos materiales son los que han conformado el espacio social y cultural.

Como todos los sistemas y materiales constructivos, la tierra cruda tiene limitaciones y virtudes. No fue materia de este libro destacar o calificar cada una de ellas. Sin embargo, se considera fundamental recuperar los conocimientos y aplicaciones de las técnicas utilizadas para aplicarlas adecuadamente y en función de las condiciones portantes, estéticas y arquitectónicas que se ajustan a la naturaleza de este material. Esto, reconociendo sus limitaciones, pero aprovechando sus posibilidades, sin llegar a extremarlas. Según Minke

(2001-2002, p.14) *la tierra se usa en casi todos los países, pero muy mal por falta de conocimientos correctos*, asegurando que existen muchos ejemplos de edificios antiguos que han resistido numerosos sismos, a diferencia de obras nuevas hechas con otros materiales.

La situación de Chile en esta materia es única ya que siendo uno de los países más sísmicos del mundo, tiene una gran tradición en construcciones de tierra sismo-resistente. Existen numerosas pruebas de ello donde es posible detectar edificios que han resistido innumerables terremotos sin sufrir mayores daños. Sin embargo, son las construcciones afectadas las que destacan negativamente. En el terremoto del 27 de febrero de 2010 en Chile, la gran mayoría de los casos de construcciones dañadas eran obras que habían sido intervenidas de mala manera, mal emplazadas y/o que no habían sido mantenidas adecuadamente.

1.3. Técnicas tradicionales más comunes en Chile

La investigación que arrojó como resultado el Manual de Terreno se focalizó en las técnicas constructivas más frecuentemente utilizadas en la arquitectura tradicional chilena.

Se acogieron las cuatro técnicas con mayor presencia y difusión. Es precisamente por la abundancia de construcciones que las utilizan, que se requiere prestarles mayor atención a la hora de pensar en reconstrucción y preservación del patrimonio.

El adobe es probablemente el más conocido de estos sistemas. Se trata de bloques de barro mezclado con paja y secados al aire. Con ellos se montan hiladas y se construyen los muros, pilares y contrafuertes que componen la estructura principal de una edificación (figura 1).

Figura 1. Villa de Alhué, Región Metropolitana 1969, Foto. H. Pereira.

La técnica mixta tierra-madera abarca varios sistemas compuestos, de los cuales este Manual destaca la quincha y el adobillo. La técnica mixta usa la madera como estructura y el barro como relleno y recubrimiento. En la Quincha se dispone sobre la estructura de madera un entramado del mismo material ya sea por una o ambas caras, o bien en los espacios que deja la estructura. Este entramado recibe luego barro proyectado conformando el revestimiento del muro. El adobillo no usa entramado de madera, sino adobes con forma especial, que rellenan el espaciado que deja la estructura. También recibe luego un recubrimiento de barro.

La técnica mixta tierra-madera ha demostrado un buen comportamiento estructural. En ella la madera es la que lleva la carga principal, en tanto el barro pasa a utilizarse principalmente como revestimiento o aislante. Este sistema constructivo es muy versátil desde el punto de vista del diseño, ya que la madera como estructura entrega muchas posibilidades.

La mampostería de piedra asentada en barro utiliza la masa de la piedra como estructura y el barro como aglutinante. Este es el sistema que probablemente implica un mayor desafío a la tecnología moderna a la hora de restaurar o reparar, porque la piedra generalmente no está confinada cuando se trata de muros y muchas veces no tiene recubrimiento. Además, se usa esta técnica mucho como cimiento y sobrecimiento en construcciones de adobe o tapial.

1.4 Estado del arte en Chile

La tradición arquitectónica de herencia española comenzó a ser socialmente sancionada a partir del año 1929 y luego en 1940 con la aparición de la norma anti-sísmica (INN, 1996), restringiendo mucho su uso.

Aproximadamente en la misma época se deja paulatinamente de enseñar el uso de estos materiales en las escuelas de arquitectura, ingeniería y construcción, dejando un gran vacío en el conocimiento de las técnicas tradicionales de construcción.

Con cada terremoto se pierden valiosos testimonios y aumenta la dificultad del traspaso generacional de los conocimientos de estos sistemas milenarios. Por lo tanto es cada vez más difícil encontrar personas calificadas para la construcción, restauración y preservación de este patrimonio.

El último gran sismo dejó en evidencia la falta de capacidad técnica y mano de obra preparada para responder adecuadamente al desafío que dejó el desastre natural. Sin embargo, se abrió la posibilidad de revisar las políticas de estado respecto de estos sistemas constructivos, de cuestionar las normas existentes e incentivar la investigación.

Actualmente en el mundo existen muchas iniciativas para preservar estos sistemas constructivos tradicionales aplicando tecnología innovadora, aprovechando los adelantos científicos y el mayor conocimiento respecto del comportamiento de los materiales frente a los embates de la naturaleza.

En regiones sísmicamente activas, como en Chile, el mantenimiento de estructuras a base de tierra debe incluir, además, la reparación estructural y la estabilización sismo-resistente. En el caso de las obras de carácter patrimonial, estas reparaciones debieran ser respetuosas del significado histórico de las mismas, procurando preservar su identidad en forma adecuada y coherente.

La falta de conservación se debe principalmente a la escasez de recursos, conocimiento y de mano de obra calificada. El terremoto del 27 de febrero del 2010 demostró claramente que falta una mejora en la aplicación de esta tecnología. La vulnerabilidad a daños o total destrucción por movimientos sísmicos de muchas estructuras a base de tierra y de mampostería no confinada ha sido una preocupación constante para las entidades y profesionales encargados de salvaguardar el patrimonio y herencia cultural en muchos países. Chile no puede quedarse atrás en estas iniciativas (figura 2).

Figura 2. Iglesia de Curepto, Región del Libertador Bernardo O'Higgins.
Estado del edificio luego del terremoto del 27 de febrero de 2010.

1.5 Objetivos

Las guías y directrices que propuso esta investigación, cuyo objetivo principal y fundamental fue la publicación y difusión del documento: "Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda: Manual de Terreno" y su difusión, buscan abordar los aspectos prácticos del problema de la reconstrucción patrimonial en este material, encontrar resultados adecuados tanto para la preservación del patrimonio arquitectónico dañado como para abrir nuevas posibilidades que incorporen los materiales tradicionales con técnicas modernas e innovadoras.

1. Uno de los principales objetivos de este Manual es la recuperación de manera organizada e innovadora de la identidad patrimonial de pueblos y ciudades de las principales Regiones de Chile que fueron seriamente dañadas tras este último terremoto a través del desarrollo de un documento que recoge y estandariza tecnologías constructivas orientadas a reconstruir y rehabilitar infraestructuras de interés patrimonial, rescatando su identidad arquitectónica, y al mismo tiempo mejorando los estándares de confort habitacional y a la vez cumpliendo con los reglamentos térmicos, acústicos y de fuego vigentes y minimizando la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura rehabilitada o reconstruida.

Esta herramienta permite a propietarios, profesionales y técnicos de las Direcciones de Obras Municipales de los municipios afectados, y organismos de servicios públicos pertinentes, especificar de manera precisa y responsable, materialidades y sistemas constructivos que resguardan la memoria histórica de las localidades afectadas por el terremoto.

2. Se pretende sentar las bases para la creación de un Sistema Nacional para la Gestión de Riesgos en Infraestructura de Interés Patrimonial, estableciendo un sistema de control adecuado a las construcciones de carácter patrimonial, mediante el uso de una metodología para la evaluación ex-ante del riesgo sísmico de este tipo de infraestructura.

3. El documento establece los criterios para la revisión de las estructuras con los cuales se verifica el estado de conservación y se realiza el análisis de alteración estructural de acuerdo con las respectivas tipologías. Además, entrega criterios de periodicidad de fiscalización del estado de la construcción o reconstrucción de acuerdo a las consideraciones técnicas expuestas; y establece criterios de gestión que apoyan la revisión de las estructuras mediante la utilización de un formulario. Este formulario verifica el emplazamiento de la edificación, el estado de conservación de los materiales, su estructura y las alteraciones que ponen en riesgo la estabilidad de la edificación y la protección de sus ocupantes.

1.6 Cómo usar el Manual

El documento elaborado comprende cuatro partes desarrolladas y diseñadas para su uso en terreno:

1. Formulario de evaluación del estado general del inmueble que consiste en la elaboración de un registro sistematizado que permite describir desde el sistema constructivo y el emplazamiento de la edificación, hasta su morfología y caracterización general de daños.
2. Evaluación de daños que se refiere a la identificación específica de los síntomas y patologías que afectan la edificación mediante fichas ad-hoc. La caracterización de daños se ha clasificado en humedad; agentes bióticos; asentamientos y/o deformaciones; fisuras o grietas; desaplomes o desniveles; desvinculación de piezas; pérdida de material, desmoronamiento o colapso.
3. Soluciones. Se han desarrollado 52 fichas que detallan procedimientos y técnicas de reparación clasificadas en 6 estratos: fundaciones, pisos, muros, vanos, coronación y techumbre.
4. Índice de doble entrada que es un complemento a las fichas de Evaluación de daños y las de Soluciones. Una vez identificados los daños, este índice permite vincular

fácilmente mediante el cruce de códigos, las soluciones propuestas.

Con esta información, los profesionales de la construcción pueden elaborar las especificaciones técnicas necesarias, tanto para la elaboración de la reparación como para el desarrollo de un presupuesto de reparación (figura 3).

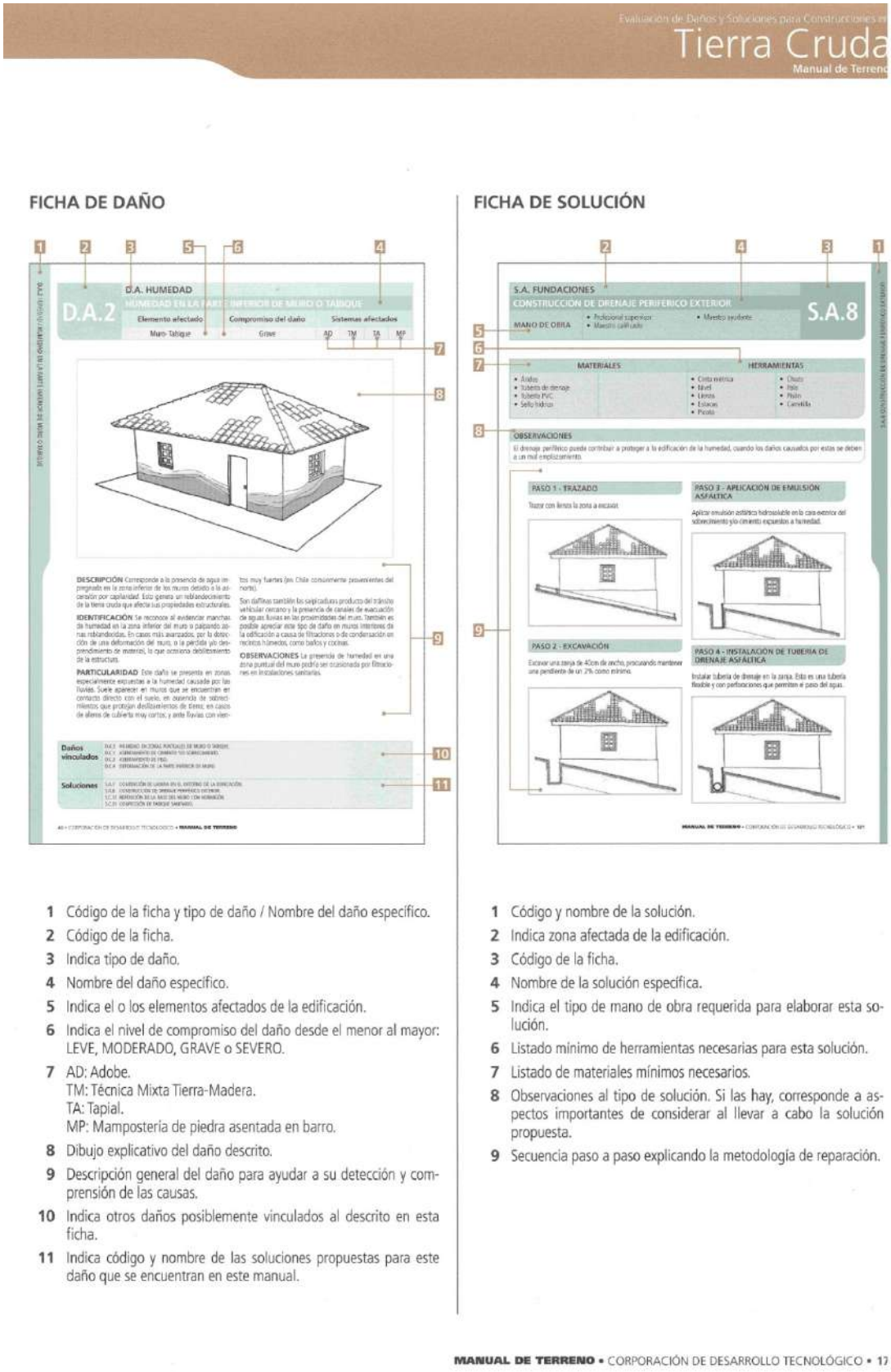


Figura 3. Muestra ejemplos de las fichas de Evaluación de daños y de Soluciones (CDT, 2012, p.17)

2. PREMISAS CONCEPTUALES

La principal premisa que se planteó en este proyecto es que la memoria histórica está necesariamente arraigada en la arquitectura tradicional y por lo tanto se vuelve indispensable pensar y desarrollar nuevas tecnologías que contribuyan al rescate del patrimonio arquitectónico tradicional chileno.

El terremoto del 27 de febrero de 2010 en Chile dejó en evidencia la falta de control y aplicación de técnicas adecuadas para los sistemas constructivos a base de tierra. Este lamentable hecho despertó una alarma general que más que abocarnos a solucionar este problema, detonó un llamado a olvidar nuestra tradición constructiva y desecharla a priori.

Al revisar experiencias internacionales vemos claramente que estos sistemas, lejos de ser desechados, son re-estudiados, siempre tomando en cuenta las falencias de los sistemas tradicionales y las ventajas que otorga la aplicación de nuevas tecnologías.

Las tecnologías y conocimientos del arte de la construcción actual permiten aprovechar los beneficios de las técnicas tradicionales y mejorarlas sustancialmente, encontrando en la cultura local una fuente de inspiración para renovarlos con originalidad y abriendo una oportunidad única para el estudio profundo de estos sistemas constructivos, no solo desde el punto de vista estructural (seguridad), funcional (espacialidad y confort) y estético en general, sino también abriendo la posibilidad de re-construir a bajo costo nuestra identidad cultural y memoria histórica dañada.

El concurso “Bienes Públicos para la Reconstrucción” ofreció la oportunidad de mejorar sustancialmente los sistemas constructivos tradicionales con la incorporación de tecnología y la aplicación de lo aprehendido de la experiencia de casos emblemáticos en el extranjero, contribuyendo en la tarea de la reconstrucción patrimonial, a un significativo avance económico y productivo enfocado a la preservación de la identidad cultural chilena.

2.1 Rescate del legado histórico

La primera parte del proyecto de investigación se centró en reconocer cuales eran los sistemas constructivos más utilizados en Chile, poniendo especial atención en la zona central, la más afectada por el último terremoto. Este proceso llevó a delimitar el campo de investigación al adobe, el tapial, la mampostería de piedra asentada en barro y la técnica mixta tierra-madera, particularmente en este último, a la quincha y el adobillo.

La investigación reveló, salvo algunas excepciones, que desde hacía más de 50 años no se enseñaba en Chile como construir en tierra[4]. Por otra parte, las técnicas estaban en manos de muy pocas personas, las que en su mayoría, habían recibido los conocimientos como herencia cultural en forma directa o indirecta. Sólo un muy reducido grupo de personas, profesionales y académicos, se había instruido en las técnicas tradicionales rescatando la escasa información existente y complementándola con experiencia nacional e internacional.

Los cambios normativos de principios del Siglo XX dejaron en muy mal pie la construcción en tierra, quitándola del debate intelectual y de la práctica profesional.

Por todo lo anterior, el rescate del legado histórico es una tarea inconclusa hasta que se norme, legisle y vuelvan a enseñarse las técnicas tradicionales en las escuelas de arquitectura, ingeniería y construcción civil.

2.2 Actualización y complementación de técnicas constructivas en tierra

La falta de traspaso de conocimiento acerca de los sistemas constructivos tradicionales dejó un vacío de aproximadamente 50 años. Este vacío redunda en una dificultad para comprender las posibilidades que tienen los avances científicos y la tecnología de los materiales actuales para mejorar la construcción tradicional en tierra.

No es suficiente recopilar la información disponible acerca de los sistemas tradicionales. Es necesario investigar acerca de las posibilidades de poner a los nuevos materiales y técnicas constructivas al servicio de la infraestructura existente.

El argumento de esta premisa tiene dos focos de atención: la compatibilidad estructural y funcional; y la apariencia estética.

2.2.1 Compatibilidad estructural y funcional

Al reparar, restaurar o reconstruir infraestructura de interés patrimonial, normalmente se busca preservar el carácter original de la edificación, lo que puede ser un gran desafío.

Es por ello que el uso de nuevas tecnologías y materiales muchas veces presenta soluciones que evitan recaer en errores estructurales que pueden comprometer nuevamente la estabilidad de un edificio. En otras palabras, la compatibilidad estructural con nuevos materiales apunta a solucionar problemas que la edificación original no ha resuelto sin cambiar su espacialidad y funcionalidad original.

Debido al vacío de conocimientos y a la normativa existente, en general no se ha puesto atención a las posibilidades que entregan las nuevas tecnologías al servicio de la construcción tradicional.

2.2.2 Apariencia estética

Otra de las dificultades que presenta la restauración patrimonial es el aspecto de los acabados.

Esto no solo se aplica a la restauración de una parte de un edificio, también se aplica a la reconstrucción de una obra entera, por ejemplo en los casos de zonas típicas o cuando se trata de edificios adosados, como los de fachada continua.

La normativa vigente no permite construir o reconstruir con barro por lo que se hace muy difícil lograr una apariencia homogénea en las edificaciones afectadas, lo cual obliga a hacer grandes esfuerzos estructurales muchas veces innecesarios para dar toda la responsabilidad portante a elementos que no son originales o tradicionales. Un ejemplo de lo anterior es que vemos con cierta frecuencia que se sobre-estructura con madera, de tal manera que la madera es la que se lleva la carga mientras que el barro pasa a ser sólo un revestimiento o un relleno.

Por ello es que el estudio de las nuevas tecnologías y materiales en conjunto con los sistemas tradicionales es esencial para apoyar las iniciativas de restauración patrimonial.

2.3 Difusión de técnicas de conservación

La infraestructura patrimonial de varias regiones de Chile se vio afectada por el terremoto del 27 de febrero de 2010, inhabilitando su uso. El Manual viene a apoyar la gestión del Estado hacia una reconstrucción estandarizada de infraestructura patrimonial.

Existen muchas iniciativas dispersas que proponen materialidades y sistemas constructivos orientados a restaurar, rehabilitar y/o recuperar el patrimonio, algunas incluso, a juicio de la opinión pública, se encuentran en retirada como por ejemplo, aquellos a base de adobe.

Por esta razón, es de interés nacional:

a) Generar condiciones habilitantes que promuevan la rehabilitación y reconstrucción del patrimonio, procurando mantener su estética, con materialidades y sistemas constructivos técnicamente validados.

b) Estandarizar metodologías y especificaciones técnicas, de modo de minimizar los riesgos de colapso ante nuevos sismos.

Los productos resultados de este proyecto fueron:

- Manual Técnico que recoge 5 temáticas relevantes para una reconstrucción orientada al rescate del patrimonio:

    1. Definición y caracterización de materiales.

2. Disposiciones generales que definen y caracterizan los sistemas constructivos más idóneos para la recuperación de la infraestructura de interés patrimonial de las regiones afectadas.
3. Identificación correcta del sistema constructivo y evaluación de daños.
4. Descripción de los daños identificados.
5. Soluciones tipo a los daños detectados.

- Formulario de Evaluación de Daños. Documento que permite identificar los daños y sus causas.
- Metodología para la evaluación ex-ante del riesgo sísmico de infraestructura de interés patrimonial.

La elaboración del documento **"**Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda: Manual de Terreno" establece un marco de acción con criterios constructivos, validados técnicamente, que permite a los municipios recuperar y mantener el patrimonio arquitectónico de las edificaciones con más de 80 años de antigüedad de las zonas afectadas, asegurando así, la preservación del mismo y el aumento de las condiciones de confort y seguridad.

3. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló mediante una serie de actividades dentro de tres etapas ejecutadas en un periodo de un año y medio:

3.1. Etapa 1: Convocatoria de mesa de expertos

La primera actividad realizada fue la recopilación de información bibliográfica sobre la materia, tanto a nivel nacional como internacional. El resultado de esta investigación fue una base de datos de la documentación existente, instituciones que investigan y desarrollan temas relacionados, y profesionales con experiencia en construcción y/o investigación en construcción a base de tierra, lo que permitió reconocer a una serie de profesionales de distintas áreas de la construcción quienes tienen conocimientos acreditados en la materia, identificando a los principales actores a nivel mundial, tanto en la construcción como en la implementación de metodologías de reparación patrimonial, particularmente en sistemas constructivos a base de tierra.

De esta base se seleccionó a un pequeño grupo de expertos que debía abarcar experiencia en al menos una de tres áreas: arquitectura, ingeniería o construcción, considerando criterios como experiencia demostrable en el tema; especialización; disposición al trabajo en equipo durante el tiempo convenido en Chile; y real interés vocacional por aportar en esta materia a la sociedad.

Posteriormente se realizaron entrevistas, análisis curriculares y bibliográficos, solicitud de referencias a instituciones entre otros, de modo de seleccionar a un grupo idóneo para el desarrollo del proyecto.

Este trabajo llevó a acotar una mesa de expertos compuesta por cuatro personas, lideradas por Juan Enrique González Gain, Doctor (c) arquitecto, que destacaron por su experiencia, conocimientos, profesionalidad y además por abarcar el amplio espectro de la construcción (arquitectura, ingeniería estructural y construcción)[(5)].

3.2. Etapa 2: desarrollo del Manual

3.2.1. Recopilación de información publicada

Fue el periodo en el cual se convocó al grupo de expertos, quienes estudiaron el estado del arte de los sistemas constructivos a base de tierra (adobe, técnica mixta tierra-madera, tapial, y mampostería de piedra sentada en barro).

La primera actividad fue revisar y contrastar la información recopilada desde las distintas fuentes (la escasa bibliografía nacional existente; bibliografía internacional; selección de contenido publicado en la web por instituciones, centro de investigación, entidades gubernamentales y expertos internacionales).

Entre los expertos internacionales cabe destacar el trabajo realizado por autores como Gernot Minke (2005) en el ámbito del diseño e investigación de arquitectura en tierra, Clara Eugenia Sánchez (2005) con su valioso aporte para comprender la aplicabilidad normativa a este tipo de construcciones, Graciela Viñuales (1981) en su publicación acerca de las patologías que afectan a las construcciones en tierra y el trabajo conjunto realizado por el grupo de expertos del Getty Conservation Institute en relación al comportamiento sísmico de este tipo de estructuras (Tolles et al, 2002).

Por otra parte, la información extraída de instituciones como la Universidad Católica de Perú, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, las normas de Nuevo México y nueva Zelandia, por nombrar algunas fuentes, aportaron con temas relevantes para enfocar la investigación y posterior desarrollo del Manual de Terreno con miras a la aplicación real en Chile.

El grupo de expertos que participó en la realización del documento tratado, categorizó con precisión las tipologías constructivas tradicionales, y propuso criterios de buenas prácticas para la fabricación de materiales y reparación de inmuebles, identificando propiedades y atributos de cada uno.

Además se estudiaron modos de combinar los sistemas tradicionales con soluciones en madera, acero, hormigón u otros materiales de innovación tecnológica como la geomalla y la fibra de basalto.

3.2.2. Investigación y ensayo de materiales

Habiendo obtenido esta información se hacía necesario llevar estos temas a la realidad nacional.

La cuantiosa información recopilada entre la investigación bibliográfica y los aportes de los expertos dejaron expuestos un problema: ¿cuánta certeza tenemos de que la información recopilada es adecuada y cumple con las distintas normas?

La respuesta a esta interrogante permanece aún hoy lejos de satisfacer la inquietud, sin embargo como el equipo de trabajo se planteó el desafío de validar técnicamente la mayor cantidad de técnicas y materiales posibles.

Con el fin de establecer criterios de reparación adecuados, algunos de los sistemas constructivos fueron estudiados mediante ensayos y proyectos pilotos. En otros casos se consideró información validada de experiencias internacionales, estudiando los resultados verificando su aplicabilidad a la realidad chilena. Es allí donde el estudio de ingeniería y soluciones modernas sobre las técnicas tradicionales cumplen un rol fundamental que finalmente lleva a desarrollar una metodología de recuperación del patrimonio que integra técnicas tradicionales con nuevas tecnologías.

El proceso de validación de las soluciones expuestas en el documento sigue hoy su propio curso a partir de varias premisas planteadas en esta etapa del proyecto, sin embargo se logró verificar varios elementos y técnicas, en base a documentación científica sobre ellas, normas aplicadas en otros países y ensayos ya realizados.

Algunos de estos ensayos de campo, los que fueran más simples de realizar en terreno por los usuarios del Manual, fueron reproducidos en diez cápsulas de video. También se grabó material audiovisual con algunos ejemplos sobre cómo preparar el barro, los que se encuentran disponibles en la web para ver y/o descargar[(6)].

Estos ensayos son fácilmente reproducibles siguiendo unas simples instrucciones, lo que permite a cualquiera poder verificar la calidad del suelo y las mezclas más adecuadas para la fabricación de adobe y masa plástica usada en la fabricación de tapial, mortero y otros

rellenos de barro.

3.2.3. Redacción del Manual

Una vez seleccionado el material se dio paso a la realización de la estructura de contenidos que contemplaría el Manual. Se distribuyeron tareas de redacción de capítulos en relación a la especialidad de cada experto. Una vez recibidos estos textos redactados por cada experto, se distribuyeron entre todo el equipo que revisó y complementó cada una de las partes. Un equipo editor se dio al trabajo de unificar criterios y redactar la versión final que fue pensada en fichas prácticas.

El enfoque dado a este Manual permite que cualquiera pueda aproximarse a la problemática de la restauración del patrimonio en tierra dañado, y contribuye a mejorar las buenas prácticas de conservación, mantención y preservación de este tipo de construcciones.

El manual consta de 46 fichas de daño asociadas a un código indicado con la letra “D”, seguido del tipo de daño; y 52 fichas de soluciones asociadas a un código indicado con la letra “S”, seguido del tipo de solución.

Tanto la evaluación de daños, como la aplicación de las soluciones sugeridas deben ser supervisadas por un profesional competente.

El documento se divide en tres partes:

La primera consiste en un Formulario de evaluación del estado general del inmueble, que permite identificar fácilmente los distintos sistemas constructivos que abarca el Manual, dando las pautas para una adecuada evaluación de daños y una correcta identificación del sistema constructivo. Este formulario permite además, llevar un registro detallado de la edificación evaluada de modo de verificar en el tiempo cualquier alteración en su estructura original.

La segunda parte consiste en una serie de fichas dedicadas a la Evaluación de daños. Estas abarcan siete afectaciones generales y sus distintas manifestaciones particulares asociadas. Esta sección ayuda a entender las causas de los daños y sus posibles efectos en el mediano y largo plazo.

Cada ficha cuenta con una calificación del grado con que el daño puede afectar a la edificación. Así, en el recuadro “Compromiso del daño” es posible encontrar los siguientes términos: Leve, Moderado, Grave y Severo.

La tercera parte la compone un set de fichas de Soluciones vinculadas a los daños antes descritos. Estas soluciones entregan instrucciones paso a paso, y son una recopilación de buenas prácticas y experiencias recogidas por un grupo de expertos. Todas las soluciones propuestas en este Manual están orientadas a la reconstrucción y restauración de edificaciones existentes, lo que no descarta que puedan ser utilizadas como referentes para la elaboración de nuevas obras. Las soluciones presentadas son genéricas —cada caso presenta su propia dificultad dependiendo del espesor de muros, la calidad de las fundaciones, las cargas estáticas, las condiciones del terreno, etc.—, por lo que se debe consultar siempre a un especialista en construcción ante dudas estructurales.

Para facilitar el uso de este Manual se dispuso una gráfica explicativa de las fichas, que aclara los códigos de lectura.

Por último, y para contribuir a su adecuada comprensión, incorpora un Glosario de los términos usados en esta publicación, el que se complementa con otro realizado por la Red Iberoamericana de Construcción en Tierra Cruda, Red Proterra[(7)].

Una serie de fichas sintetizan la información desarrollada y recopilada. Estas se vinculan unas a otras con el fin de entregar al usuario un panorama general del estado del inmueble evaluado, y las distintas posibilidades de reparación.

3.3. Etapa 3: transferencia y difusión a los usuarios

Corresponde al periodo durante el cual ejecutaron acciones conducentes a traspasar los

productos resultantes del proyecto a la comunidad.

Se lanzó el Manual en una convocatoria que incluyó a autoridades de gobierno; personalidades del mundo académico, profesionales ligados a la construcción, alumnos de carreras relacionados y público interesado,

Se organizaron cinco seminarios en Universidades en los que se expuso la existencia y utilidad del Manual.

Se realizaron capacitaciones a profesionales que ejercen cargos en entidades públicas como Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo; Direcciones de Obras Municipales y otros,

Se imprimieron mil ejemplares y mil *pendrives* con el Manual en formato digital más el registro en video de los ensayos para distribuir a Direcciones de Obras Municipales, Universidades, Bibliotecas y otro tipo organismos vinculados a la preservación del patrimonio.

Para su difusión masiva y gratuita se digitalizó el Manual completo y se puso disposición de los usuarios de Chile y el mundo a través de la web en dos plataformas: sitio web de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT) www.cdt.cl; sitio web del Estudio de Arquitectura JEGG, www.jegg.cl

El trabajo se publicitó además en la revista de la Revista BIT de la CDT y en el sitio web Plataforma Arquitectura. La tarea de difusión es continua y los esfuerzos por dar a conocer este importante material se proyectan en el tiempo.

4. CONCLUSIONES

Conservar, mantener y alterar adecuadamente las edificaciones a base de tierra, contribuye a prevenir significativamente la pérdida de vidas humanas ya que una mala intervención o un inadecuado proceso de mantenimiento es lo que convierten a estas edificaciones vernaculares en trampas mortales cuando sufren los efectos negativos, no sólo de sismos sino también de los efectos de la humedad o agentes bióticos. Un ejemplo dramático de ello fue la consecuencia de la inadecuada alteración de la estructura en gran cantidad de viviendas previo al terremoto de Chillán del 24 de enero de 1939, donde fallecieron entre 20.000 y 30.000 personas aplastadas por muros de adobe[(8)].

El Manual entrega una guía de evaluación del estado de un inmueble, reconocimiento de daños (señalando adecuadamente la patología y sus causas) y una serie de posibles soluciones genéricas. En resumen es un manual de buenas prácticas de reparación.

El documento, resultado de la investigación de más de dos años, generó un aporte en cuanto a técnicas de conservación y restauración de estructuras de tierra, sentando un precedente real y concreto para apoyar iniciativas como el proyecto de norma NCh 3332 c 2012 “Estructuras-intervención de construcciones patrimoniales de tierra - requisitos del proyecto estructural,” actualmente en estudio en el INN[(9)].

La versión impresa del manual y su distribución gratuita entre todos los organismos públicos vinculados a la reconstrucción, así como a escuelas de arquitectura, construcción e ingeniería del país han permitido un traspaso real y tangible de los conocimientos recogidos hacia el sector público y hacia profesionales de la construcción.

Este documento contribuye directamente a la preservación de la memoria histórica nacional. Es un consenso entre los especialistas, que la arquitectura en tierra constituye quizás el único patrimonio arquitectónico verdaderamente nacional ya que su origen y desarrollo surgen de la construcción del hábitat por las manos embarradas del campesinado chileno, cuando aún no existían profesionales de la construcción en nuestro país. Así, a través de un lento proceso de ensayo y error, éste valioso legado se fue edificando, corrigiendo y mejorando entre cada evento sísmico hasta lo que es hoy.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corporación de Desarrollo Tecnológico - CDT (2012). *Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda. Manual de terreno.* Documento técnico nº 32. Santiago de Chile: CDT. Disponible en: http:www.cdt.cl; http://jegg.cl/publicaciones.htm

Guzmán, E. (1977). *Curso de edificación, Capítulo IV ". Santiago de Chile:* Editorial Universitaria.

Instituto Nacional de Normalización – INN (1966). Norma chilena oficial NCh 433.Of96: 1996 Diseño sísmico de edificios. Santiago: INN

Minke, Gernot (2001-2002). Arquitectura Ecológica - Construcciones bioclimáticas en adobe. *Revista Arquitectura Andina*, 2001 – 2002, vol. 49.-14.

Minke, Gernot (2005). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. 3ª ed. Kassel: Forschungslabor für Experimentelles Bauen

Pumpelly, Raphael (1908). *Explorations in Turkestan*. Washington, D. C., Carnegie Institution of Washington.

Sanchez, Clara Eugenia (2005). *Arquitectura de la vivienda vernácula colombiana en adobe y su relación con la norma sismo resistente* [en línea]. Bogotá, Hábitat Tierra. Disponible en: http://www.habitattierra.com/spip.php?article23.

Tolles, E. Leroy; Kimbro, Edna E.; Ginell, William S. (2002). *Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe*. California, Getty Publications.

Viñuales, Graciela M. (1981). *Restauración de arquitecturas de tierra*. San Miguel de Tucumán: Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo

NOTAS

(1) CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) es un organismo ejecutor de las políticas gubernamentales en el ámbito del emprendimiento y la innovación, a través de herramientas e instrumentos compatibles con los lineamientos centrales de una economía social de mercado, creando las condiciones para lograr construir una sociedad de oportunidades. Fue creada durante los gobiernos radicales de mediados del S.XX y ha sido un actor importante en el desarrollo nacional. (Fuente: http://www.corfo.cl).

(2) http://www.cdt.cl/cdt/uploads/Manual%20Tierra%20Cruda.pdf; http://jegg.cl/publicaciones.htm

(3) Es muy difícil llegar a una cifra más acotada de la cantidad de construcciones en base a tierra. Para Gernot Minke se trata de un tercio de la población mundial y en algunos países llega hasta la mitad. En organizaciones como CRATERRE no se dan cifras exactas, sin embargo existen muchos documentos de diversos autores que se aventuran a dar cifras de sectores acotados (África, algunas zonas de Asia, etc.) donde las cifras varían entre un 40% y 60%. El amplio espectro también se debe a que en el registro de construcciones a base de tierra se incluyen las no habitacionales, bodegas, muros divisorios, etc., y también las que son excavadas en la tierra como en la Capadocia, algunas zonas del centro de China, etc.

(4) El profesor Hugo Pereira Gigogne enseñó construcción en tierra en la Universidad Central de Chile en Pregrado y en la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile en post título. En la década de 1980 el Profesor Gastón Barrios Lamarque ejerció importante docencia e investigación en el área en la Escuela de construcción civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile, recibiendo por éste motivo importante reconocimiento internacional.

(5) El equipo profesional fue compuesto por:
- Patricio Arias Cortés, Arquitecto especializado en tierra y docente de DuocUC.
- Luis Leiva Aravena, Ingeniero estructural, docente de la Universidad de Santiago y experto en restauración patrimonial.

- Hugo Enrique Pereira Gigogne, Arquitecto experto en diseño y construcción en tierra, Analista de SERVIU –RM, ex - Presidente del Comité de Tecnología del Colegio de Arquitectos de Chile.
- Francisco Javier Prado García, Constructor civil, magíster en restauración y rehabilitación de patrimonio, jefe programa de Magíster en Construcción Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Álvaro Riquelme Bravo, Arquitecto especialista en restauración arquitectónica y maderas y docente de DuocUC, quien se incorporó al equipo en la fase final del proyecto.

(6) Los ensayos y ejemplos de fabricación en video son: Goteo, Caída de bola, Lavado de manos, Resistencia en seco, Retracción de secado, Preparación de adobes, Moldeo de adobe, Ensayo de plasticidad modificado, Resistencia de adobes y Revoque de barro. Disponibles en http://jegg.cl/publicaciones.htm.

(7) http://redproterra.org/index.php?option=com_glossary&Itemid=18

(8) Este magno sismo tuvo una magnitud de momento de 8.3 M. La causa basal de estas destrucciones fue la alteración del sistema estructural con el objetivo de “afrancesar” las antiguas casonas, suprimiendo los corredores, eliminando así la triangulación del sistema estructural de la techumbre. Como consecuencia de ello, se desvincularon muros y cubierta (Guzmán, 1977).

(9) Instituto Nacional de Normalización, organismo nacional oficial encargado de la generación de normas nacionales

Currículos

Juan Enrique González Gain, Arquitecto, Máster en Proyectos y Máster en Arquitectura Internacional, Doctor (c) en Proyectos Arquitectónicos de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha trabajado y colaborado en estudios de arquitectura en Chile, España, Argentina y Portugal, participando en proyectos urbanos y rurales, desde viviendas unifamiliares hasta planificación territorial.

Hugo Enrique Pereira Gigogne, Arquitecto, miembro de ICOMOS y Red Iberoamericana PROTERRA. Especialista de curso de post título en el área de la restauración patrimonial de la Universidad de Chile, docente Universidad Tecnológica Metropolitana, analista SERVIU RM-MINVU, Premio “Fermín Vivaceta” 2000 ,Colegio de Arquitectos de Chile.

PATRIMONIO SIN LEY: AMENAZAS AL PATRIMONIO DEBIDO A LA APLICACIÓN DE UNA REGULACIÓN NORMATIVA INAPROPIADA

Pablo González Antezana

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile
Baquedano N° 1499- Cod. Postal 1101396
Tel. (+57) 394660
E-mail: pablocgo@unap.cl

Palabras claves: Legislación, Normativa, Patrimonio, Desempeño Estructural, Seguridad Estructural.

Resumen

La gran mayoría de los edificios con valor patrimonial han sido construidos antes de la dictación de las normas que rigen la habitabilidad, la funcionalidad y la seguridad estructural, vigentes hoy. Como es natural, su conformación arquitectónica y estructural; los materiales y las técnicas constructivas utilizadas corresponden a un momento histórico, valioso para la sociedad, del cual se transforman en documento tangible.

La conservación del patrimonio supone el reconocimiento del valor de esa realidad testimonial y los principios de conservación de la materia original, mínima intervención y la aspiración de reversibilidad, entre otros, se hacen cargo de orientar las decisiones que se adopta en fase de proyecto. Estas decisiones se ven fuertemente conmovidas cuando el bien patrimonial sufre daños estructurales; en ese momento los valores del bien que la sociedad quiere conservar y los valores de la seguridad de las personas que lo ocuparán, entran a menudo en conflicto.

La naturaleza sísmica del territorio chileno provoca permanentemente daños sobre el patrimonio edificado, especialmente en aquel conformado por estructuras de gran masa y baja resistencia, entre las cuales las arquitecturas de tierra ocupan un segmento importante.

El último terremoto del 27 de febrero del 2010, provocó daños importantes sobre el patrimonio edificado en base a muros de adobe y tapial.

La recuperación de este patrimonio dañado ha puesto en relieve la falta de regulación en la materia, principalmente por la falta de instrumentos legales que miren hacia atrás sobre lo construido y establezcan la necesaria mirada de excepción sobre la realidad del patrimonio, que se desnaturaliza y pierde valor con las intervenciones en su materialidad constructivo-estructural.

En efecto, todo el sistema normativo chileno actual mira hacia el futuro: la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones promueve lo que el acuerdo social que lleva implícita, desea para los edificios que se construirá; la norma de diseño sísmico, por su parte, promueve sistemas estructurales y materiales de reconocida eficiencia, seguridad y predictibilidad, actuando con una mirada de futuro incuestionable cuando se regula nuevas edificaciones.

Sin embargo el patrimonio edificado ya existe; no se trata de edificaciones que recién se proyecta.

El Instituto de la Construcción ha realizado una importante labor para redactar una norma que regule las intervenciones en edificios patrimoniales en base a tierra, sin embargo es posible que la solución integral del problema requiera más que una norma de material.

La presente ponencia, intentará abordar la agresión al patrimonio que supone la aplicación de una normativa general que mira hacia el futuro, sobre edificios de valor patrimonial construidos antes que esta fuera dictada y propondrá, para la discusión, algunos criterios para la solución de este problema.

1. INTRODUCIÓN

El cuerpo de leyes, normas y ordenanzas vigentes en Chile permite abordar el proyecto de obras nuevas con bastante precisión, no así sobre las intervenciones sobre obra construida**.** El vacío legal que opera sobre el patrimonio inmueble se puede reconocer en, al menos, dos fases: Fase de proyecto y Fase de gestión de la construcción.

1.1 Fase de Proyecto

En arquitectura, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones - OGUC, que reglamenta la Ley General de Urbanismo y Construcciones, regula los estándares técnicos de diseño y construcción sobre nuevas edificaciones. Si bien define "Inmueble de conservación histórica" como "al individualizado como tal en un Instrumento de Planificación Territorial, por sus características históricas o de valor cultural…", no establece para este tipo de inmuebles estándares técnicos especiales de diseño y construcción. Esto quiere decir que, en intervenciones de restauración, remodelación, reparación, rehabilitación o reciclaje, las condiciones de accesibilidad y evacuación de personas, por citar dos que les son exigibles, no difieren de las que se exige a una obra nueva, dependiendo del criterio del Revisor Independiente o del Revisor de la Dirección de Obras Municipales correspondiente, que estas exigencias se hagan efectivas.

A modo de ejemplo, la exigencia de que las puertas de acceso, sobre rasgo abocinado, de una iglesia construida en 1720 abran hacia afuera o bien la exigencia de accesibilidad total para discapacitados, a todos los niveles de un teatro construido hacia 1890 pueden llegar a constituir un atentado sobre la configuración arquitectónica que se declara valiosa y se pretende proteger. Es innegable que existe en algunos artículos de la OGUC disposiciones que permiten cierto grado de excepción para inmuebles de conservación histórica, pero no es menos cierto que su valor patrimonial no ha ameritado, hasta ahora, un tratamiento especial.

En estructura, el cuerpo de normas vigentes en Chile permite igualmente abordar la estructuración de obras nuevas, sobre la base de un marco regulatorio que incluye el contexto territorial sísmico, las características del suelo de fundación y las particularidades de los sistemas estructurales y sus materiales constituyentes, estableciendo, para el usuario, rangos de seguridad mínimos y para el profesional calculista, una referencia legal que protege sus decisiones.

La norma Nch 433 (Ministerio, 1966), en sus distintas versiones, constituye desde 1972 el gran referente de normas de sistemas constructivos y materiales en Chile, estableciendo las variables sísmicas de entrada del diseño estructural. Puede afirmarse que el tema de presente y futuro del diseño estructural sísmico en Chile está adecuadamente asegurado en un sistema normativo dinámico, en permanente perfeccionamiento.

Sin embargo, toda la edificación construida antes del marco normativo actual, queda fuera de la regulación y de los estándares de seguridad que este otorga. Por otra parte, para el profesional que interviene en su estructura, no existe un referente legal y técnico que proteja sus decisiones adecuadamente, como ocurre con la obra nueva.

Si bien existe disponibilidad de métodos avanzados de modelación estructural asistido por computadores, su eficacia en predecir el comportamiento de intervenciones proyectadas en edificios pre-existentes, construidos fuera de norma, depende del levantamiento preciso de su geometría estructural deformada y de su materialidad, generalmente no homogénea, sometida a daños, fatiga de materiales e intervenciones ocultas, lo cual resulta en la práctica inabordable para tales métodos.

Las experiencias de intervenciones de reparación o refuerzo, tras eventos sísmicos, en edificios estructurados en sistemas y/o materiales no normados, han dado como resultado una tipología de variadas soluciones, de diverso grado de magnitud, cuya eficacia no ha sido demostrada empíricamente y para la cual no existe un marco normativo regulador suficiente.

Los edificios de valor patrimonial, constituyen un capítulo aparte dentro de esas construcciones pre-existentes al marco normativo vigente. Respecto de su materialidad, puede afirmarse que tanto el sistema constructivo empleado como su tipo estructural y materiales constituyen un documento en sí mismos, que habla de los recursos, conocimientos y técnicas de la sociedad en un momento histórico determinado, que se materializaron en una arquitectura con características propias.

Cualquier intervención altera la realidad original del inmueble sobre el que se aplica y si se

trata de una intervención sobre su estructura, modifica su desempeño, para bien o para mal.

El principio de mínima intervención, que proponen prudentemente las cartas actuales de conservación patrimonial, constituye una aspiración y un desafío, especialmente en un país de gran sismicidad como el Chile, ya que aparece contrapuesto a la búsqueda de seguridad en su comportamiento estructural, lo que constituye ciertamente un valor superior.

Es así como una intervención estructural invasiva puede lograr seguridad sísmica a costa de desvalorizar el bien patrimonial que se pretende conservar y, en contrapartida, una intervención mínima pudiera no cubrir adecuadamente la seguridad sísmica inherente a su uso, establecida mediante acuerdo social y traducido en norma.

Conviene señalar también que el Desempeño Estructural Histórico de un determinado inmueble, vale decir su historial de comportamiento estructural, no le otorga ningún trato legal preferente a la hora de planificar una intervención sobre su materialidad. Es así como un inmueble sin daño diagnosticado, puede ser intervenido masivamente en forma preventiva, con el sólo propósito de “ponerlo en norma”.

1.2 Fase de Gestión de la Construcción

Si bien no se puede hablar en propiedad de un vacío legal en la materia en Chile, la práctica de gestión de reparticiones públicas en relación con obras que intervienen inmuebles de valor patrimonial presenta tres aristas que merecen reflexión más profunda: una tiene que ver con la propiedad sobre el proyecto de intervención, que la repartición pública adquiere una vez que el equipo consultor lo entrega; y otra tiene que ver con la falta de correspondencia entre las competencias de especialidad entre equipos proyectistas y las competencias de especialidad de la Inspección Fiscal de Obra – IFO; y finalmente, una tercera tiene que ver con la política de contratación de obras de intervención en patrimonio inmueble mediante la contratación a suma alzada.

Propiedad del Proyecto de Intervención

Las Bases Administrativas Generales de ministerios y municipalidades, con fuerte compromiso en la materia señalan que, una vez recibido conforme de un determinado proyecto, este pasa a ser de propiedad de la repartición, pudiendo esta construirlo o no, modificarlo e incluso replicarlo total o parcialmente sin consultar al equipo consultor autor del mismo.

Correspondencia entre competencias técnicas entre el Proyectista y la IFO

No está regulado normativamente que la repartición que encarga un determinado proyecto esté obligada al menos a “empatar” competencias técnicas entre el equipo proyectista, a quién le exigió en la materia en la fase de licitación, y la IFO, que designa que deberá tomar decisiones, que suelen ser importantes, en fase de obra. En este tipo de proyectos es usual que la etapa de estudios previos sea insuficiente en tiempo y recursos, por lo cual es también frecuente que, en fase de obra, aparezca nueva información relevante, que afecta la propuesta del consultor. Si bien el valor unitario de las visitas del equipo proyectista quedan a menudo fijadas en la licitación del proyecto, no es menos cierto que su oportunidad y frecuencia rara vez quedan establecidas.

Construcción a suma alzada

Si bien las reparticiones públicas poseen sistemas alternativos, puede reconocerse una suerte de política no declarada, el utilizar este sistema de contratación de obras. Los márgenes de Imprevistos suelen, en general, parecerse a los utilizados en obra nueva y normalmente resultan insuficientes para obras de esta naturaleza. Esto, en obras de valor patrimonial, constituye un riesgo inaceptable dado que las utilidades del contratista están vinculadas a los plazos de ejecución. Si además se refiere a obras alejadas de la instancia que las controla, su riesgo aumenta en orden exponencial.

2 SITUACIÓN ACTUAL

Frente a algunos de los vacíos legales descritos se están desarrollando iniciativas que conviene destacar. Una de ellas la constituye la NTM-002 o Norma Técnica de Intervenciones Patrimoniales en Tierra, llevada a cabo con éxito por el Comité de Construcciones Patrimoniales dependiente del Instituto de la Construcción, que ha derivado en la Nch3332 o Norma de Construcción Patrimonial, que desarrolla actualmente el Instituto Nacional de Normalización, INN.

En ambas normas se ha hecho un esfuerzo encomiable por complementar aspectos teóricos inherentes al reconocimiento del valor patrimonial de inmuebles, desde la disciplina de la Restauración de Edificios, con aspectos técnicos destinados a orientar la intervención estructural en ellos, desde la disciplina del Diseño Estructural y Cálculo.

Las urgencias derivadas de los daños causados por el terremoto del 27 de febrero del año pasado, han llevado a una preocupación preferencial por las construcciones en base a tierra.

Sin embargo, el patrimonio arquitectónico en Chile está conformado también por albañilerías de costrón de caliche, sillerías de piedra, mamposterías de piedra con morteros de pega, albañilerías simples y semi-reforzadas de ladrillos de arcilla cocida, madera, hierro, etc., así como de sistemas mixtos no normados o bien con materiales no normados.

Todos estos sistemas quedan fuera del amparo de las normas que se desarrolla en la actualidad, teniendo en común con los inmuebles de que estas se ocupan, el hecho de constituir la estructura de edificios valiosos para la sociedad y de estar construidos antes de la vigencia de las normas actuales.

En todos estos casos podría exigirse el desarrollo de las normas de materiales respectivos, para luego generar o articular con las normas de sistemas constructivos que corresponda. Con estos antecedentes se podría establecer verificaciones de cálculo y estándares de comportamiento estructural. Sin embargo, se trata de un camino largo que demandará un trabajo arduo, amplio y complejo, así como recursos que no se visualiza posible conseguir en un corto plazo.

3 PROPUESTA

Una alternativa más viable y razonable parece ser la elaboración de una norma de excepción, aplicable sólo a edificios de valor patrimonial, en que la preservación de la materialidad original constituya un bien a proteger y la seguridad en el comportamiento estructural, un valor que es preciso asegurar.

La propuesta es abordar el problema desde lo patrimonial y no desde el material o el sistema estructural. Sin embargo, todos los sistemas constructivos y materiales no normados, de edificios de valor patrimonial, construidos antes de la dictación de la normativa vigente, quedarían cobijados, por su valor para la sociedad, en una norma de excepción: una Norma del Patrimonio.

Esta Norma del Patrimonio debería considerar como referencia e idealmente tender a articularse, en cuanto sea posible y razonable, con las filosofías de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y de la Norma Sísmica Nch 433 y discernir estándares y procedimientos, en todos los aspectos en que los intereses de protección del patrimonio tangible entran en conflicto con los de la seguridad de las personas que los utilizan.

Dado que la ecuación entre conservación de la materialidad original y seguridad estructural obligará a la formulación de nuevos estándares, que se aplicarán a este tipo de edificios de valor patrimonial, solo un gran acuerdo entre las disciplinas que concurren a la conservación de edificios de valor patrimonial y la sociedad permitirá alcanzar el marco normativo que se requiere.

Propósitos

1.- Establecer los requisitos que debe cumplir un edificio para acogerse a ella.

2.- Establecer las articulaciones con la OGUC y la Nch 433 y con las otras normas vigentes de sistemas constructivos y materiales.

3.- Normar el levantamiento de información referido al sistema estructural y materiales.

4.- Establecer los instrumentos y métodos de evaluación del desempeño estructural histórico.

5.- Establecer las condiciones para la no-intervención estructural.

6.- Regular los tipos de intervención estructural y las causas que los justifican.

7.- Establecer parámetros de verificación mínimos que permitan caracterizar la intervención proyectada, tanto en diseño estructural como en cálculo.

8.- Establecer medidas alternativas para el aseguramiento de la seguridad de las personas, con como por ejemplo limitaciones al uso, cuando corresponda.

9.- Establecer la obligatoriedad de la revisión estructural para este tipo de intervenciones, entregando a calculistas y revisores un marco regulador.

10.- Promover la creación del Registro de Intervenciones en edificios de valor patrimonial.

11.- Regular el uso de la Suma Alzada como método de contratación de obras sobre inmuebles de valor patrimonial.

Con el propósito de adelantar en algunos aspectos inherentes a los 11 puntos enunciados, sin pretender con ello agotar el tema, sino más bien precisar las inquietudes y con ello abrir la discusión, se puede mencionar lo siguiente:

1. Establecer los requisitos que debe cumplir un edificio para acogerse a ella

Las normas en desarrollo han debatido sobre las condiciones o requisitos para establecer el valor patrimonial de un inmueble; si basta con haber sido construido con anterioridad a la primera versión de la OGUC (*31 de julio de 1959)* o bien si poner como condición haber sido declarada de valor por un organismo competente, vale decir el Consejo de Monumentos Nacionales, el Ministerio de la Vivienda o bien estar reconocido como tal en un instrumento de planificación reconocido por la Dirección de Obras de la Municipalidad correspondiente.

Es sabido que el Consejo de Monumentos Nacionales ha tenido y tiene dificultades, en un número significativo de oportunidades, para conseguir el consentimiento del propietario para la declaratoria de un bien patrimonial. Esta declaratoria permite controlar la intervención en él.

Por ello, se propone que el valor patrimonial de un inmueble sea otorgado por el Consejo de Monumentos Nacionales a través de una declaratoria de Monumento Histórico, o por el Ministerio de la Vivienda, o bien que esté reconocido en un instrumento de planificación aprobado por la Dirección de Obras de la Municipalidad correspondiente; o

2. Establecer las articulaciones con la OGUC, la Nch 433 y con las otras normas vigentes de sistemas constructivos y materiales

Respecto de estándares técnicos de diseño y construcción, la Norma del Patrimonio debería hacerse cargo de todas las disposiciones relativas a la materia en que la configuración arquitectónica del bien de valor patrimonial no cumpla con lo indicado por la OGUC.

En términos de intervención sobre la estructura resistente, debería consensuarse en qué medida la filosofía de la Nch 433 Of96 y sus modificaciones es exigible a inmuebles de valor patrimonial. En especial convendrá discutir, para edificios con buen desempeño estructural si los esfuerzos deben concentrarse en retardar (más que evitar) el colapso durante sismos de intensidad severa.

A modo de ejemplo, puede estudiarse la posibilidad de establecer coeficientes sísmicos máximos (distintos a los establecidos por la Norma de Diseño Sísmico) en función de la zona sísmica, las características del suelo de fundación y el desempeño estructural histórico. Lo mismo respecto del Coeficiente de Importancia proponiendo una nueva categoría en la Nch 433 Of96, en función del uso del bien, atendiendo, por ejemplo, las particularidades de edificios de valor ceremonial de uso esporádico y otros.

3. Normar el levantamiento de información referido al sistema estructural y materiales

Resuelto en las normas en desarrollo, debe aplicarse al nuevo universo cubierto por la Norma del Patrimonio.

4. Establecer los instrumentos y métodos de evaluación de Desempeño Estructural

Resuelto en las normas en desarrollo, debe aplicarse al nuevo universo cubierto por la Norma del Patrimonio.

5. Establecer las condiciones para la no-intervención estructural

La pregunta de fondo en este aspecto es: ¿Debe intervenirse edificios de valor patrimonial que no cumplen con los estándares de norma pero que han tenido un desempeño estructural satisfactorio a lo largo de la historia? Ciertamente habría que establecer cuándo se verifica este “desempeño estructural satisfactorio” a lo largo de la historia.

Este se podría establecer cuando los daños estructurales, levantados por un profesional competente, no comprometen la integridad del sistema estructural, dejando fuera otras causas coadyuvantes no atribuibles al comportamiento estructural, como la falta de mantención o el daño deliberado de terceros, por citar dos.

Se sobreentiende que un edificio sin daños no se interviene, pero la experiencia reciente, incluso de obras gestionadas por instituciones del estado, solicitan “dejar en norma” edificios que se desea restaurar, traspasando a los consultores, la responsabilidad de proponer refuerzos o “intervenciones preventivas”, sobre edificios sin daños diagnosticados que lo justifiquen y lo que es peor, sin evidencia empírica ni teórica publicada que asegure eficacia.

La Norma del Patrimonio debiera establecer las condiciones técnicas que permitan, a un profesional de la materia, justificar la no intervención estructural y brindarle protección legal en esta decisión.

6. Establecer los tipos de intervención estructural y las causas que los justifican

Resuelto en la normas en desarrollo, debe aplicarse al nuevo universo cubierto por la Norma del Patrimonio.

7. Establecer parámetros mínimos que permitan caracterizar la intervención proyectada, tanto en diseño estructural como en cálculo

En ausencia de normas de sistemas constructivos y/o materiales, la Norma del Patrimonio puede establecer valores con los cuales proceder a verificaciones, así como a reglas de estructuración.

8. Establecer limitaciones al uso cuando corresponda.

En el “caso a caso” con que debe tratarse a los edificios de valor patrimonial, podría estudiarse una menor exigencia de seguridad estructural a cambio de limitación en su uso. El limitar el uso masivo, reduce la probabilidad de concentración de personas en la eventualidad de un sismo de gran magnitud. De esta manera, puede hacerse un esfuerzo adicional en la conservación de la materialidad original, en edificios que así lo ameriten.

9. Establecer la obligatoriedad de la Revisión Estructural para este tipo de intervenciones.

Los edificios de valor patrimonial no existen como categoría en las modificaciones a la OGUC que establecen la obligatoriedad de revisión estructural. De hecho, si la carga de

ocupación es inferior a 100 personas, muchos de estos edificios quedan fuera de esa exigencia. Convendría discutir la conveniencia de hacer obligatoria esta revisión para toda intervención estructural a edificios a los que se les ha otorgado valor patrimonial.

10. Promover la creación del Registro de Intervenciones en edificios de valor patrimonial

Posiblemente esto no sea materia de la Norma del Patrimonio, pero la propuesta es que se cree un Registro - al alero del Instituto de la Construcción por ejemplo - de acceso a las universidades (o bien de acceso público sin restricciones) que recoja los proyectos de intervención estructural sobre edificios de valor patrimonial construidos antes de la vigencia de normas actuales, en un formato que facilite el estudio comparativo de las propuestas y facilite el seguimiento de su desempeño en el tiempo.

11. Regular el uso de la Suma Alzada.

Este tema, de gran importancia en el aseguramiento de la calidad en intervenciones sobre edificios de valor patrimonial declarado, debe ser establecido mediante un instrumento con imperio legal sobre las Bases Administrativas Generales de reparticiones públicas y constituirse en obligatorio, también para la intervención de particulares.

Resulta un contrasentido hacer un esfuerzo mayúsculo en fase de proyecto para luego arriesgarlo todo en un sistema de contratación de obras que conlleva en sí mismo, todas los peligros derivados de que las utilidades de los contratistas se contraponen a la rigurosidad de la intervención, especialmente en plazos de ejecución, reflejado en imprevistos normalmente mayores que en una obra nueva, que este tipo de obras demandan.

Ciertamente, esto se refiere a intervenciones sobre el sistema constructivo- estructural y la propuesta no contempla necesariamente prohibir, sino más bien regular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de la Vivienda, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Norma Chilena Oficial Nch 433 (1966). Diseño Sísmico de Edificios. Santiago: Instituto Nacional de Normalización.

Instituto de la Construcción, Norma Técnica NTM-002, Norma de Intervenciones Patrimoniales en Tierra.

Instituto Nacional de Normalización, Norma Nch3332 Construcción Patrimonial, en estudio.

Currículo

Pablo González Antezana es arquitecto de la Universidad de Chile, Especialista en Patología de la Edificación del Instituto Eduardo Torroja de Madrid, Máster en Restauración de Edificios de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid y actualmente es académico de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Arturo Prat. Realiza docencia y ejerce profesionalmente en el campo del diseño estructural y cálculo de edificios y de la restauración de edificios. Es miembro de ICOMOS.

LA ACADEMIA COMO DIFUSORA DE LA TIERRA CRUDA: LA EXPERIENCIA EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA BOGOTÁ-COLOMBIA

Cecilia López Pérez

Facultad de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá – Colombia
Carrera 7 No. 40-62. Edificio 18
lopez.c@javeriana.edu.co

Palabras claves: Educación, formación, capacitación

Resumen

La tierra ha tenido un papel importante en el desarrollo de la arquitectura colombiana, teniendo su mayor auge entre los siglos XVI al XVIII, siendo usada en arquitectura civil, doméstica y religiosa tanto en áreas urbanas como rurales.

A partir del siglo XVIII, las edificaciones construidas con este material tuvieron que afrontar diversos factores como procesos de urbanización, industrialización, económicos, medio ambientales, de abandono de las técnicas y el desconocimiento sobre el comportamiento y características del material que contribuyeron a su abandono.

Sólo hasta mediados del siglo XIX, con la creación de la CINVA-RAM, con la que se mejoró la estabilidad del barro y resistencia del adobe se volvió a reactivar su uso. A partir de allí se dio inicio a una forma evolucionada de trabajo con tierra, mostrando sus beneficios como bajos costos buen comportamiento térmico y acústico.

Por otra parte, la Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá cuya función principal es la de formar y educar es consciente de los cambios que se producen a nivel global y la estructuración de nuevas alternativas de vivienda, entendiendo que la tierra se presenta como una opción para el desarrollo de edificaciones especialmente en áreas rurales.

Por ello ha organizado seminarios, encuentros, foros y ha incluido dentro de su plan curricular la asignatura de *Arquitectura de tierra* en las facultades de Arquitectura y Diseño e Ingeniería tanto para estudiantes de pregrado como de maestrías; siendo actualmente la única universidad a nivel nacional que la ofrece. Igualmente, apoya a grupos de investigación e investigadores en desarrollo de nuevo conocimiento sobre el material.

La transferencia de tecnología se realiza a partir de aprender, observar, investigar, valorar y divulgar el material; de forma que se ofrece como un plus que hace competitivos en el mercado laboral a los estudiantes, quienes aplican estos conocimientos en el campo de las estructuras, restauración, diseño y construcción.

Adicionalmente, los ejercicios académicos se desarrollan con análisis de edificaciones reales. Esto permite que los estudiantes conozcan diferentes territorios, identifiquen su cultura, los sistemas constructivos y propongan soluciones ajustados a nuestra realidad nacional.

El presente artículo muestra los resultados de estos trabajos, los aciertos y dificultades que estas experiencias conllevan y los proyectos que se tienen para realizar a futuro.

1. INTRODUCCIÓN

Técnicamente se define la construcción de tierra como aquella en donde el material no tiene ningún tipo de cocción y su secado se hace al sol. La tierra ha tenido un papel relevante en el desarrollo de la arquitectura colombiana, teniendo su mayor auge entre los siglos XVI al XVIII, siendo usada en la construcción de los primeros asentamientos rurales y núcleos urbanos como fortificaciones, arquitectura civil, doméstica y religiosa.

A partir del siglo XVIII, las edificaciones construidas con este material tuvieron que afrontar diversos factores como procesos de urbanización, industrialización, económicos, medio

ambientales, pérdida de las técnicas, desconocimiento sobre el comportamiento y características del material que contribuyeron a su abandono (López Pérez, 2009, p.23).

A partir de la mitad del siglo XX, dos arquitectos extranjeros le dieron un nuevo auge al material. El primero, fue el arquitecto suizo Víctor Schmid (López Pérez, 2009, p.24), quien edificó diversas construcciones en el área cundiboyecense colombiana mostrando el potencial del material. El segundo, fue el ingeniero chileno Raúl Ramírez, quien en 1956 diseño la máquina CINVA-RAM para la fabricación de bloques de tierra prensada, con la que se mejoró la estabilidad del barro mostrando que era posible realizar la producción de adobes como un proceso industrial.

A partir de allí se dio inicio a una forma evolucionada de trabajo con tierra, mostrando sus beneficios como bajos costos, buen comportamiento térmico y acústico.

Este desarrollo tecnológico sumado a los problemas ambientales mundiales de efecto invernadero y la escases de combustibles fósiles, hace que las técnicas constructivas en tierra tomen un nuevo auge y se presenten como una alternativa a nivel constructivo.

El material ha mostrado que puede ser empleado actualmente en varios ámbitos. Por ejemplo, en la vivienda rural y sectores alejados de los centros urbanos en donde el transporte y la consecución de algunos materiales puede llegar a encarecer el costo final de la edificación; en el sector patrimonial, si se tiene en cuenta que el reporte del Ministerio de Cultura de Colombia, considera que el 80% de nuestros centros históricos y bienes de interés cultural están construidos en tierra (López Pérez, 2009, p.20); en vivienda de bajo costo, en donde el material surge como una alternativa ante la ausencia de otras posibilidades que puede ser explorada como solución dentro de este rango de construcciones (Salas Serrano, 1998, p.109); finalmente, para desarrollos con enfoques medioambientales siendo una solución sostenible y sustentable de construcción.

Todo este acervo de posibilidades plantea la necesidad de que los profesionales e investigadores, que intervienen los centros urbanos y objetos arquitectónicos conozcan los diferentes sistemas constructivos, comportamiento, formas de diagnóstico y rehabilitación del material tierra.

Por otra parte, la Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá cuya función principal es la de formar y educar es consciente de los cambios que se producen a nivel global y la estructuración de nuevas alternativas de construcción, entendiendo que la tierra surge como una opción para la construcción de edificaciones.

La Universidad dentro de su misión establece siete problemáticas en las que se debe trabajar en las asignaturas e investigaciones en la institución:

1. La crisis ética y la instrumentalización del ser humano.
2. *El poco aprecio de los valores de la nacionalidad y la falta de conciencia sobre la identidad cultural.*
3. *La intolerancia y el desconocimiento de la pluralidad y la diversidad.*
4. La discriminación social y la concentración del poder económico y político.
5. La inadecuación e ineficiencia de sus principales instituciones.
6. *La deficiencia y la lentitud en el desarrollo científico y tecnológico.*
7. *La irracionalidad en el manejo del medio ambiente y de los recursos naturales.*

Las problemáticas 2, 3, 6 y 7 sirvieron de marco para que la Facultad de Arquitectura y Diseño a partir del año 2002 iniciara el estudio y difusión del material. Así mismo, se agregaron dos principios basados en el *Ratio Studiorum* (Sarmiento Nova, 2013) o plan de estudios oficial para las instituciones educativas de la Compañía de Jesús, el cual recalca la importancia del trabajo interdisciplinar y de responsabilidad social.

Con los seis parámetros de trabajo se emprendió la tarea de dar a conocer el material tierra en el contexto colombiano. A continuación, se presentan los avances que se han realizado en cada uno de estos aspectos y las estrategias empleadas para su implementación.

2. EL POCO APRECIO DE LOS VALORES DE LA NACIONALIDAD Y LA FALTA DE CONCIENCIA SOBRE LA IDENTIDAD CULTURAL Y LA IRRACIONALIDAD EN EL MANEJO DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES

Para abordar estas dos problemáticas se optó como estrategia establecer tres programas: Capacitación (pregrado y posgrado), identificación de ámbitos de aplicación y documentación. En ellos se hace una evaluación de condiciones físicas, mantenimiento y conservación de bienes de interés cultural (BIC); así como mecanismos de recuperación y sostenibilidad de los mismos.

2.1 Capacitación

Además de las pautas establecidas por la institución a nivel curricular, se tuvo en cuenta el perfil establecido, para el arquitecto colombiano, por el Ministerio de Educación (2003) en el cual se determinó que el estudiante debe conocer las teorías y principios de las tecnologías disponibles; las propiedades y significado de los materiales y la forma como influyen en el diseño.

2.1.2 Acciones en pregrado

El curso se incluyó en la oferta curricular de la Facultad de Arquitectura desde el año 2007; sin embargo, no se llegó a tener el cupo suficiente de alumnos para abrir la asignatura. Esto sucedía, porque se asociaba el material a construcciones antiguas, áreas rurales o para población de bajos recursos. Adicionalmente, existía desconocimiento de las normas y potencial de aplicación del material.

Sin embargo, se realizó difusión en seminarios de tecnología y técnicas en arquitectura como una alternativa de construcción moderna y sustentable; con lo cual a partir del año 2008, se integró la asignatura *Arquitectura de tierra* como un curso dentro del plan curricular de la carrera, siendo impartida de forma semestral.

2.1.2.1 Objetivos

General

Brindar a los estudiantes de la Universidad Javeriana una profundización en el conocimiento de las diferentes técnicas, usos, limitaciones, potencial, tecnologías y normas que reglamentan la construcción de tierra en el ámbito colombiano y mundial.

Específicos

- Conocer los desarrollos hechos con el material a nivel mundial, latinoamericano y colombiano.
- Identificar los diferentes sistemas constructivos usados en las edificaciones en tierra y sus características estructurales, tanto en las construcciones patrimoniales como actuales.
- Determinar las propiedades físico- mecánicas, físico-químicas de la tierra como elemento estructural y su comportamiento ante un evento sísmico.
- Establecer las ventajas y desventajas que presenta el material en el ámbito medio ambiental
- Identificar, valorar y documentar el patrimonio construido colombiano con este material
- Documentar el conocimiento ancestral, técnicas y tecnologías aplicadas en construcciones hechas en tierra.

- Desarrollar en diferentes regiones colombianas transferencia tecnológica como recurso de recuperación de memoria

2.1.2.2 Modalidad de trabajo

Las clases del curso están compuestas por sesiones teóricas, prácticas y salidas de campo.

- Las sesiones teóricas son clases magistrales, en donde se imparte los principios básicos de diseño, comportamiento, patología y formas de rehabilitación del material.
- En las sesiones prácticas, se construyen prototipos y modelos a escala con diferentes técnicas que luego son probados en el Laboratorio de Ingeniería Civil, como se observa en la figura 1
- En las salidas de campo, se realizan las prácticas de diferentes técnicas en tierra (Adobe, bahareque, tapia) y se realizan visitas a arquitectura moderna y vernácula a municipios colombianos en donde predomine las edificaciones realizadas con el material. (figura 2).

Figura 1. Elaboración de modelos y falla en laboratorio

Figura 2. Estudiantes en Villa de Leyva-Boyacá y Barichara- Santander

Inicialmente, la asignatura solo admitía estudiantes de arquitectura; pero por la buena acogida del curso actualmente, se ofrece como una asignatura abierta a toda la Universidad en la que se pueden inscribir estudiantes de diversas carreras; por lo que la cursan ingenieros, diseñadores y estudiantes del área ambiental.

El curso de forma permanente busca incluir nuevos avances, proyectos y técnicas de desarrollo del material; no obstante, se presentan dificultades cuando los estudiantes buscan firmas de arquitectos u organizaciones que reciban practicantes para continuar con el conocimiento de la tierra. Varios de los interesados, han tenido que salir fuera del país para realizar dichas prácticas, ya que en Colombia el trabajo con el material es incipiente y no se cuenta con muchos lugares para realizar las pasantías.

Como resultado de la asignatura, actualmente, existe un reconocimiento del material por parte de los estudiantes de pregrado empezando a incorporar las técnicas aprendidas en clase a proyectos de taller y tesis de grado como: Historia de la arquitectura, vivienda popular, arquitectura eco-social y patrimonio.

2.1.3 Acciones en posgrados

En el área de posgrados se realizan dos cursos con esta temática. El primero, dio inicio en el año 2002 en la Maestría en Restauración de Monumentos Arquitectónicos (actual Maestría en Patrimonio Cultural y Territorio) de la Facultad de Arquitectura y Diseño; hoy, la asignatura de *Arquitectura de tierra* se ha integrado al módulo de materiales y sistemas constructivos en el patrimonio construido colombiano.

El segundo, se implementó en la Maestría en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, a partir del año 2012. En este curso el enfoque está dado hacia la recuperación de edificaciones patrimoniales, evaluación, diagnóstico, niveles de intervención y propuestas de rehabilitación desde el área de la ingeniería.

En ambos casos se realiza transferencia tecnológica a partir de aprender, observar, investigar, valorar y divulgar el material; de forma que se ofrece como un plus que hace competitivos los nuevos profesionales en el mercado laboral.

Adicionalmente, los ejercicios académicos se trabajan con edificaciones patrimoniales en diferentes municipios, esto permite que los estudiantes conozcan diferentes territorios, identifiquen su cultura, los sistemas constructivos y propongan soluciones ajustadas a la realidad nacional.

Igualmente, los exalumnos que trabajan en el sector público, son funcionarios que tienen a su cargo las construcciones patrimoniales; en el ámbito privado, se encuentran capacitados para diferenciar las diferentes técnicas, formas de rehabilitación y su uso en nuevas edificaciones.

Esta condición exige que el conocimiento sea cada vez más especializado para aplicarlo a casos específicos. Sin embargo, son pocos los profesionales y grupos de investigación en nuestro país dedicados a la investigación con tierra, en parte por los altos costos que exige las pruebas en laboratorio; lo cual, ha frenado el uso del material de forma más generalizada en diferentes tipologías.

2.2 Ámbitos de aplicación

Durante el proceso de capacitación y divulgación de los avances de conocimiento entre los estudiantes y profesionales se ha encontrado que el sistema constructivo tiene un amplio espectro de aplicación. No solo en el área de ingeniería y arquitectura, quienes aplican estos conocimientos en el campo de las estructuras, restauración, diseño, vivienda de bajo costo, eco ambiental, vernáculo y construcción; sino en el ámbito de la química, la medicina, la física, la microbiología, y el diseño. Por lo que es frecuente tener estudiantes de estas carreras en los cursos de capacitación.

Para el área de las ciencias ha sido especialmente llamativo, ya que algunas enfermedades como el mal de Chagas se encuentran relacionadas con el material. Asimismo, la aparición de líquenes, xilófagos y manchas se encuentran dentro del ámbito de la química, física y microbiología permitiendo el desarrollo de productos aplicables al material que la industria y la sociedad en general empiezan a solicitar.

Dentro del ámbito del diseño industrial, la posibilidad de implementar productos y objetos con materiales no convencionales, especialmente mobiliario urbano, ha generado trabajos usando el Bloque de Tierra Comprimida (BTC).

2.3 Documentación

A partir de la información recopilada en diferentes redes, entidades, instituciones y organismos se ha sistematizando la información creando una biblioteca con cerca de quinientos artículos, normas, cartillas, catálogos y libros que se encuentra a disposición de los estudiantes para divulgar lo que se está realizando en el mundo sobre este tema.

Igualmente, lo realizado en los diferentes cursos se ha catalogado, grabado, descrito y procesado de forma que este material sirva como material didáctico en los diferentes niveles

de instrucción a partir de cuadros, ideogramas, fotografías y videos que contribuyen en la docencia con material propio y desarrollado para nuestro territorio.

No obstante, el material recopilado se encuentra restringido a los estudiantes de la Universidad o estudiantes de postgrado referidos por profesores que conocen la documentación. No se ha podido masificar su uso ya que la plataforma de difusión es costosa y requiere de un profesional que la actualice de forma permanente lo cual genera costos que la institución en este momento no puede asumir.

Se espera en un futuro próximo contar con una plataforma de difusión digital que permita difundir de forma adecuada el material recopilado en los últimos diez años.

3. LA INTOLERANCIA Y EL DESCONOCIMIENTO DE LA PLURALIDAD Y LA DIVERSIDAD

Esta problemática se ha afrontado empleando la estrategia de difusión del conocimiento adquirido en la docencia y de las comunidades mediante seminarios, redes y publicaciones. Igualmente, apoya a grupos de investigación e investigadores de otras instituciones nacionales en desarrollo de nuevo conocimiento sobre el material tierra.

3.1 Seminarios

El primer seminario se realizó en el año 2003, llamado *"Rehabilitación de construcciones patrimoniales en tierra"*, en el 2006 se desarrolló "*Construtierra 2006*" y en el año 2011 se realizó *"Terratectura 2011"*, enfocados hacia profesionales en el área de arquitectura e ingeniería y restauración de inmuebles patrimoniales con el apoyo de la Red Proterra, como se observa en la figura 3

Figura 3. Imágenes de los cursos de capacitación 2006 y 2012

Adicionalmente, se ha realizado difusión en eventos de otras instituciones y redes a nivel nacional e internacional como la Association for Preservation Technology International (APT), Forum-UNESCO, Jornadas de Ingeniería Civil en Cuba, Ekotectura, Jornadas de patrimonio del Ministerio de Cultura, Sociedad Colombiana de arquitectos y Sociedad Colombiana de Ingenieros e instituciones universitarias nacionales.

Estos seminarios han permitido conocer para algunos y actualizar otros en las diferentes técnicas de construcción en tierra.

Una dificultad para que se realicen de forma continua es la carencia de un espacio para la realización de las prácticas; sin embargo, a partir del año 2012 la universidad implementó la *Estación Experimental Javeriana* en el municipio de Cogua, que actualmente se encuentra en proceso de implementación, en la que se espera en un futuro próximo desarrollar las prácticas.

Los cursos se han enfocado hacia la capacitación de profesionales, ya que existen otras entidades, organismos y centros de capacitación que ofrecen seminarios, talleres y cursos para la población en general.

3.2 Redes

De forma paralela, se creó la Red Tecnitierra (Red colombiana de arquitectura de tierra), creada entre la Escuela Colombiana de Ingeniería y la Pontificia Universidad Javeriana, la cual de manera mensual publica un boletín con difusión de actividades que se realizan a nivel mundial con el material. El boletín incluye no sólo información de divulgación sino artículos con cinco diferentes temáticas: Arquitectura actual, investigación, patrimonio, vivienda social y formación.

3.3 Publicaciones

Una de las mayores limitantes que se encontró dentro del área de capacitación era la dificultad para encontrar bibliografía relacionada con la temática de estudio. Por ello la Facultad, tomó la decisión de fomentar la divulgación de la información a través de revistas especializadas y publicaciones de la Institución. Es así como, hasta el momento se han publicado dos revistas Apuntes Volumen 20, No. 2 del año 2007 y volumen 25 No. 2 de 2012 divulgando los avances con el material.

Adicionalmente, en el año 2009 se publicó el libro *"Patrimonio y arquitectura en tierra. Avances de investigación"* que recopiló los resultados de siete tesis de investigación desarrolladas en la Maestría en Restauración de Monumentos.

El promedio de tiraje de estas publicaciones ha sido de seiscientos ejemplares, lo cual se considera poco, pero los altos costos no han permitido que se impriman un número mayor. Estas publicaciones se encuentran agotadas en el mercado colombiano, aunque siguen siendo solicitadas por diferentes profesionales; por lo que se optó por publicar en páginas web para consulta de quien esté interesado en cualquier lugar del mundo en consultarlas.

4. LA DEFICIENCIA Y LA LENTITUD EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

Esta problemática se hace especialmente evidente por la baja inversión de Colombia al campo de la ciencia y la tecnología la cual es de 0,16 % del PIB (El tiempo, 2013, p. 26). Es por esto, que la Universidad Javeriana tiene como estrategia aportar y apoyar el desarrollo de investigaciones aplicadas.

Hasta el año 2013, la Universidad ha financiado tres investigaciones que han permitido profundizar en el comportamiento del material en adobe con o sin refuerzo, incluyendo en todas ellas estudiantes de arquitectura e ingeniería de pregrado y postgrado.

5. INTERDISCIPLINARIDAD

Como se mencionó, dentro del proceso académico se han tenido contactos con otras disciplinas interesadas en el conocimiento del material. Esta condición ha obligado al desarrollo interdisciplinar y transdisciplinar con el objeto de comprender las diferentes variables de comportamiento y aplicación de la tierra.

Desde la arquitectura se han documentado las tipologías en periodos históricos, determinando sus características, técnicas, desarrollos espaciales, funcionales, intervenciones y comportamientos. Igualmente, ha permitido establecer el uso de diversas técnicas dependiendo de la tipología y la región de emplazamiento del objeto arquitectónico.

Desde la ingeniería, ha permitido abrir un campo de trabajo con un material nuevo dentro de este ámbito. Con el cual, se ha pretendido aplicar sistemas de modelación tradicional que no han sido aptos para este material. Lo que ha obligado a pensar en nuevas formas de abordarlo y estudiarlo.

Adicionalmente, en el año 2002 se fundó el grupo de investigaciones en materiales y estructuras (GRIME) conformado por tres facultades de la Universidad: Arquitectura, Ciencias e Ingeniería en la que participan ingenieros, químicos, microbiólogos y arquitectos

quienes han aportado, enriquecido y desarrollado un conocimiento integral durante las investigaciones.

6. RESPONSABILIDAD SOCIAL

La estrategia para abordar esta problemática se desarrolla en el marco del Proyecto Educativo y la Política de Responsabilidad Social de la Universidad mediante la participación y apoyo a dos programas institucionales: PROSOFI y Vidas móviles.

El primero, es el Programa Social de la Facultad de Ingeniería creado en 2009, que trabaja desde la interdisciplinariedad y la inter institucionalidad en el apoyo a procesos de desarrollo de comunidades marginadas.

El segundo, es el programa de Vidas Móviles creado en 2006 por un equipo de directores, profesores, estudiantes y voluntarios de la Facultad de Ciencias enfocado al trabajo interdisciplinar apoyando la población que ha sufrido desplazamiento forzado.

El grupo de investigación GRIME apoya los dos programas con asesorías técnicas, capacitación y desarrollos puntuales junto con alumnos adscritos al grupo de trabajo. Asimismo, apoya la realización de cartillas y material didáctico empleado para la realización de los cursos.

7. LOGROS Y DIFICULTADES

En cuanto a logros, de acuerdo al reporte de la Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura (ACFA; 2013), en Colombia existen 32 Facultades de arquitectura de las cuales 11 se encuentran en Bogotá. De las existentes en el país, la única que ofrece la asignatura de arquitectura de tierra en su plan curricular es la Universidad Javeriana.

Durante el proceso de socialización, trabajo con comunidad y capacitación se han documentado inmuebles de arquitectura modesta doméstica no evidenciados anteriormente, con lo que se ha ampliado el conocimiento que sobre las construcciones en tierra existía en el país (figura 4).

Por otra parte, el desarrollo de proyectos con comunidades en diferentes niveles hace que los estudiantes salgan capacitados para abordar problemáticas y solución de dificultades con el material tierra.

Igualmente, con el proceso de conocimiento adquirido se hizo en el 2011 la primera propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales en tierra (Revista Apuntes, 2012, p. 226-240), sin que hasta la fecha sea reconocida.

En cuanto a las dificultades, son varias las encontradas durante el proceso de conocimiento del material. El primero, es la carencia, en el país, de equipos y programas especializados que nos permitan realizar simulaciones a escala real de comportamiento del material. Esto conlleva a que se realicen prototipos y modelos a escala; sin embargo, hay elementos que no se pueden escalar como el tamaño de la tierra. Lo que implica el uso de técnicas complementarias (modelación) para determinar el comportamiento del material.

El segundo, tiene que ver con los bajos presupuestos asignados para investigación. Los avances hasta ahora realizados se han hecho con aportes de la universidad ya que las instituciones públicas y privadas no muestran interés en apoyar este tipo de proyectos. Un factor adicional, que contribuye al poco interés en el material es la no existencia de un gremio o agrupación dentro de la construcción que fomente su correcto uso.

El tercero, es la limitante que posee la institución a nivel de infraestructura. La universidad actualmente se encuentra en el desarrollo de su Plan Maestro, en el cual no se contemplan áreas para experimentación, construcción de modelos o prototipos ni transferencia tecnológica. Esta dificultad ha sido un obstáculo para socializar los resultados y capacitación con los estudiantes y la comunidad. Conscientes de ello, la Universidad adquirió un predio,

en el año 2012, en el Municipio de Cogua-Cundinamarca, en el que se construirá la Estación Experimental Javeriana, la cual se encuentra en proceso de formulación e implementación. Se espera que este lugar se convierta no sólo en lugar de capacitación de alumnos y profesionales, sino de las comunidades que tengan interés en el material

El cuarto, es la dificultad para que los diferentes documentos, artículos y avances sobre el material sean conocidos por el público en general. A pesar de contar con un acervo importante de información no se cuenta con un sitio web que permita el acceso público en general. Esto limita el conocimiento en algunos sectores de población e instituciones de técnicas y términos empleados en el material

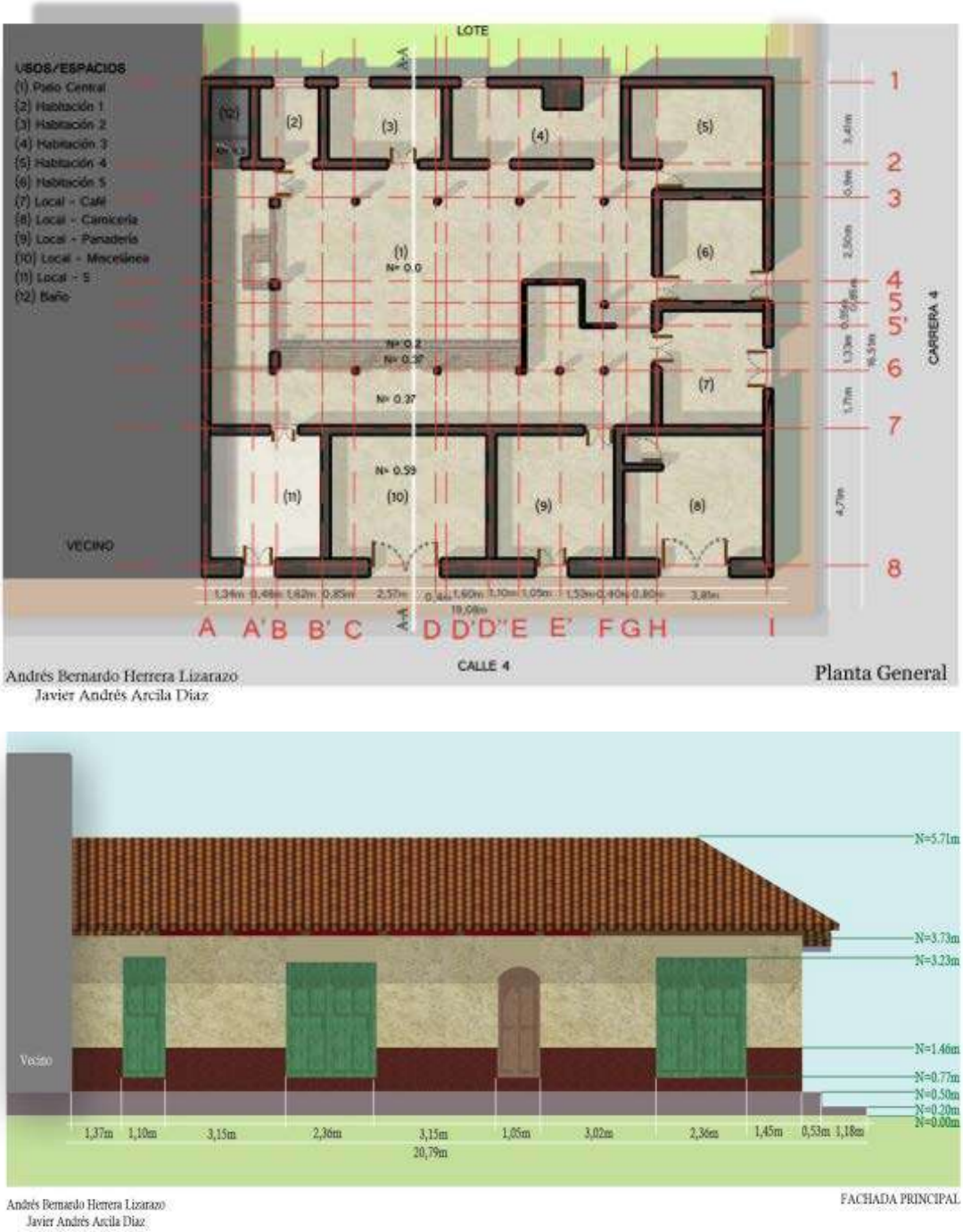


Figura 4. Ejemplo de trabajo realizado en Cogua-Cundinamarca, 2013
Fuente: Andrés Herrera Lizarazo y Javier Arcila Díaz

8. RETOS Y OPORTUNIDADES

Son varios los retos y oportunidades que se presentan con el estudio e Implementación de la tierra para el futuro:

- Cambio de imagen, de negativa a positiva, a través de la divulgación y capacitación de comunidades dando a conocer su potencial y ventajas comparativas
- Divulgación y reconocimiento del material como sostenible, sustentable y material de bajo costo en un espectro de población más amplio.
- Atracción de la inversión privada y pública para realizar investigaciones con el material tierra
- Fortalecimiento de la actividad docente con conocimiento aplicado al caso colombiano entre los estudiantes de la universidad e instituciones amigas.
- Desarrollo de programas de dinamización de centros urbanos, Bienes de Interés cultural y patrimonio modesto construido con el material
- Búsqueda de reconocimiento de la normativa que regule las intervenciones a nivel estructural y sísmico de edificaciones patrimoniales construidas con este material
- Implementación del sistema de documentación en internet, de forma que la comunidad en general pueda tener acceso a la información recopilada.

9. CONCLUSIONES

El trabajo de los últimos años ha mostrado que las estrategias implementadas de capacitación, difusión e investigación dentro del marco institucional ha generado interés entre la comunidad universitaria. Cada vez más estudiantes de diferentes áreas se acercan a reconocer el material dentro del desarrollo de nuestra arquitectura y como sistema constructivo que ofrece otras alternativas sostenibles y sustentables como lo exige la arquitectura del siglo XIX.

Ellos se han convertido en replicadores, experimentadores e implementadores en sus proyectos de las diferentes técnicas. Se espera que a partir del conocimiento adquirido en el aula propongan nuevas alternativas de diseño, construcción y gestión.

Sin embargo, son varios los obstáculos que aún se deben salvar y solucionar de forma que el conocimiento integral adquirido pueda ser usado por las comunidades en diferentes ámbitos y proyectos en el territorio colombiano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Colombiana de Facultades de Arquitectura - ACFA. (2013) Facultades miembros de la asociación. Disponible en http://www.arquitecturaacfa.org/

López Pérez, Cecilia (2009). *Patrimonio y arquitectura en tierra. Avances de investigación*, Bogotá: Centro Editorial Javeriano

Ministerio de Educación de Colombia (2003). Resolución 2770 (actualmente en revisión). Disponible en http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-86411.html

Salas Serrano, Julián (1998). Contra el hambre de vivienda en tierra y cascara de arroz en Bogotá: Ediciones Escala.

Sarmiento Nova, Antonio José (2013). Educar para el humanismo y desde el humanismo, *Conferencia inaugural primer semestre*. Facultad Arquitectura y Diseño.

Periódico El Tiempo. (2013) Separata posgrados. Entrevista director de Colciencias.
Revista Apuntes (2012) Vol. 25, No. 2. Disponible en:
http://revistas.javeriana.edu.co/sitio/apuntes/sccs/

Agradecimientos

La autora desea agradecer a la Vicerrectoría académica y la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana por el apoyo brindado para el desarrollo y avance de las investigaciones con este material.

Currículo

Cecilia López Pérez. Arquitecta M.Sc. Docente y coordinadora grupo GRIME (Grupo de Investigación en materiales y estructuras) de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá- Colombia.

PROJETO MORADA DE BARRO: PROMOÇÃO DO *CONTINUUN* DA CULTURA CONSTRUTIVA TRADICIONAL CAIÇARA

Alain Briatte Mancthev[1], Ligia Perissinoto T. Martins[2]

[1]Associação Elementos da Natureza, Brasil. alain_mantchev@yahoo.com.br
[2]Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, Brasil. ligiaperissinoto@gmail.com

Palavras-Chave: taipa de mão, população tradicional caiçara, continuum da cultura construtiva, habitação

Resumo

As áreas afastadas dos centros urbanos na região da Serra do Mar do Estado de São Paulo, Brasil, apresentam-se em ótimo estado de conservação ambiental e são lugares de redutos de populações tradicionais caiçaras.

Originadas pela miscigenação entre índios nativos e brancos colonizadores, as populações caiçaras estão instaladas no litoral sudeste brasileiro e possuem profundo conhecimento dos ciclos da natureza. Sua cultura construtiva baseia-se na utilização do material terra com a técnica da taipa-de-mão. A evolução da arquitetura tradicional brasileira ao longo da história está relacionada com a paisagem e com os materiais locais desenvolvendo soluções adaptadas ao clima e à cultura. A colonização portuguesa trouxe uma arquitetura europeia que com o passar dos séculos produziu também soluções adaptadas ao clima brasileiro, sendo a arquitetura caiçara um exemplo deste processo evolutivo.

A expansão das cidades, a especulação imobiliária e o turismo sem planejamento ameaçam estes locais de paisagem exuberante, colocando a cultura local em contextos de pressão externa e transformações. As Unidades de Conservação e as diversas leis de proteção ambiental têm um papel importante na conservação, porém, atualmente, a discussão de ocupação nestes locais acontece essencialmente na escala do planejamento. A legislação atual indica as diretrizes de melhoramento das habitações e da ocupação valorizando o saber caiçara, que deve ser incentivado e aprimorado dentro de um processo de continuum cultural e de pesquisas de tecnologias apropriadas. Para isso são necessárias experiências práticas que demonstrem a capacidade do material terra de responder aos anseios do habitar contemporâneo.

Neste contexto, o presente artigo apresenta o projeto desenvolvido pelos autores com as comunidades caiçaras do Município de Ilhabela, Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil, desde 2009. Intitulado Morada de Barro, o projeto tem como objetivos promover o continuum da cultura construtiva tradicional caiçara, a melhoria da qualidade da habitação e a conservação da paisagem em áreas protegidas por meio da qualificação dos construtores locais e aprimoramento da técnica de construção em taipa-de-mão.

Os dados e análises que embasam o trabalho foram obtidos por meio de pesquisas dos autores. O projeto é realizado de modo participativo, considerando que os princípios de valorização das culturas locais e da participação comunitária são processos educativos que valorizam o indivíduo e a qualidade técnica das construções. Contribuem também para conscientizar sobre a importância da utilização dos recursos naturais e dos saberes locais presentes na arquitetura vernacular para a construção do desenvolvimento sustentável.

Os resultados obtidos com o projeto relacionados ao levantamento de custos, dificuldades de transporte e soluções, estão contribuindo para a criação junto ao poder público de uma política de habitação nas comunidades tradicionais.

1. INTRODUÇÃO

No litoral norte do Estado de São Paulo, Brasil, está localizada a Serra do Mar que apresenta relevo bastante acidentado com picos de 800 a 1300 metros de ascensão com encostas recobertas por um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica no país. Nesta

região existe um mosaico de Unidades de Conservação da Natureza (UCs) formado pelo Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), Parque Estadual de Ilhabela (PEIb) e Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte (APA Marinha), regulamentados pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), legislação específica que os define como sendo de proteção integral ou de uso e ocupação controlados. Este fato garante um bom nível de preservação ambiental em meio a um contexto de expansão urbana, crescimento da especulação imobiliária e atividades turísticas desordenadas. Atualmente estão em curso grandes obras de infraestrutura e energia, ampliação de estradas, ampliação do porto e a construção da nova base de petróleo e gás.

A região do abriga comunidades tradicionais caiçaras, indígenas e quilombolas. Destas, 15 comunidades tradicionais caiçaras, totalizando cerca de 880 moradores, estão no Arquipélago de Ilhabela, que tem 83% do seu território terrestre protegido pelo Parque Estadual de Ilhabela (PEIb). Cinco destas comunidades estão localizadas em seu interior e o restante na área de entorno (Pirró, 2010).

As populações tradicionais caiçaras, originadas da miscigenação entre índios e brancos colonizadores, estão localizadas no Brasil desde o litoral sul do Estado do Rio de Janeiro até o litoral do Estado do Paraná. Caracterizam-se pelo profundo conhecimento dos ciclos da natureza, sobre o qual constroem seu modo de vida, conforme apontam Diegues e Nogara (2005, p. 89):

> *... a) dependência da natureza, dos ciclos naturais e dos recursos naturais renováveis a partir do qual se constrói um "modo de vida"; b) conhecimento aprofundado da natureza e de seus ciclos que se reflete na elaboração de estratégias de uso e de manejo dos recursos naturais; Esse conhecimento é transferido de geração em geração por via oral;c) noção de "território" ou espaço onde o grupo social se reproduz econômica e socialmente; d) moradia e ocupação deste "território" por várias gerações, ainda que alguns membros individuais possam ter se deslocado para os centros urbanos e voltado para a terra de seus antepassados; e) importância das atividades de subsistência, ainda que a produção de "mercadorias" possa estar mais ou menos desenvolvida, o que implica uma relação com o mercado; f) reduzida acumulação de capital; g) importância dada à unidade familiar, doméstica ou comunal e às relações de parentesco ou compadrio para o exercício das atividades econômicas, socias e culturais; h) importância das simbologias, mitos e rituais associados à caça, à pesca e atividades extrativistas; i) a tecnologia utilizada é relativamente simples, de impacto limitado sobre o meio ambiente. Há uma reduzida divisão técnica e social do trabalho, sobressaindo o artesanal, cujo produtor (e sua família) domina o processo de trabalho até o produto final; j) fraco poder político, que em geral reside com os grupos de poder dos centros urbanos; k) autoidentificação ou identificação pelos outros de se pertencer a uma cultura distinta das outras.*

As habitações caiçaras são construídas tradicionalmente utilizando a técnica de taipa-de-mão, telhados de palha, piso de terra batida e estrutura em madeira. Esta tipologia é exemplar da arquitetura vernacular, resultado da união entre o saber fazer de um povo e a utilização dos recursos locais disponíveis (Lemos, 1999).

No Brasil, a colonização portuguesa trouxe elementos da arquitetura europeia que foram localmente adaptados ao clima e à cultura nativa. A arquitetura aí surgida apresenta características de ambos, a exemplo dos telhados de palha, legado indígena, com posterior introdução das telhas de barro, e adequação da técnica de taipa-de-mão trazida da Europa às condições e costumes locais. Deste encontro resultou a arquitetura paulista dos primeiros séculos de colonização (Saia, 2005).

A arquitetura vernacular em terra do arquipélago desenvolveu soluções adaptadas ao contexto de área protegida e de difícil acesso, pois se utiliza de materiais locais que retornam ao meio ambiente com o mínimo impacto, ou seja, no processo de construção e desconstrução as paredes de terra retornam ao solo e em poucos meses os vestígios são incorporados ao meio. Esta característica proporciona pouca geração de resíduos, uso de materiais menos poluentes e com alta eficiência energética, que são alguns dos elementos

presentes também da arquitetura sustentável, tão contemporânea e apropriada para o momento histórico em que vivemos.

Uma vez que estas comunidades estão em áreas de expansão urbana, segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Socioambiental do município está prevista a implantação de serviços de saneamento básico, eletricidade e projetos de habitação de interesse social, que juntamente com o crescimento das atividades turísticas desordenadas, pressionam no sentido da urbanização as comunidades tradicionais caiçaras de Ilhabela. Com este cenário de intensa transformação regional, verificam-se alterações no modo de vida tradicional que incluem a cultura construtiva. Para que a expansão urbana seja realizada ordenadamente e dentro dos princípios de sustentabilidade coerentes com o contexto de Unidade de Conservação, é necessário refletir acerca de modelos de habitação que promovam o *continuum* da arquitetura vernacular e respondam aos anseios do habitar contemporâneo.

Este artigo traz, portanto, elementos para esta reflexão por meio da apresentação e análise dos dados coletados em pesquisas dos autores e dos resultados obtidos por oficinas práticas de construção com o material terra nas comunidades de Canto da Lagoa, Canto do Ribeirão e Praia Mansa, todas localizadas na Baía dos Castelhanos na área de entorno do Parque Estadual de Ilhabela.

2. MARCO TEÓRICO

Atualmente no Brasil, as populações tradicionais são reconhecidas por instrumentos legais, a exemplo da Lei nº 9.985 (Brasil, 2000) que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), categorizando as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. A lei apresenta dentre seus objetivos “proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente”. O Decreto 6.040 (Brasil, 2007) institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT) e define em seu artigo 3º que “Povos e Comunidades Tradicionais são grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição”.

O decreto reconhece formalmente as diversas populações tradicionais e oficializa os benefícios das políticas públicas decorrentes desta lei. Neste grupo foram inseridos os caiçaras, moradores tradicionais do litoral sudeste brasileiro, o que assegurou a essas populações reconhecimento formal enquanto povos tradicionais (Pirró, 2010).

Em âmbito municipal a Lei 421/2006 (Ilhabela, 2006) que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Socioambiental do Município de Ilhabela formalizou as áreas das comunidades tradicionais caiçaras como Zonas de Interesse Específico (ZIE), localizadas na área de expansão urbana municipal. Sujeitas à legislação Federal e Estadual por estarem inseridas na Área de Entorno da Unidade de Conservação, são consideradas bairros prioritariamente residenciais unifamiliares com permissão de atividades geradoras de renda associadas ao turismo de baixo impacto. Habitações de interesse social podem ser construídas na área, desde que respeitadas as diretrizes de uso e ocupação. O Plano Diretor aponta ainda que a requalificação das moradias caiçaras existentes e as novas construções devem seguir o partido arquitetônico das construções tradicionais, que define por “rústicas unifamiliares”.

A relação entre a cultura e habitação foi apontada por diversos autores, entre eles Fathy (1980), ao afirmar que as formas de construção se desenvolvem a partir da imaginação do povo e das necessidades da zona rural, assim a tradição na arquitetura vai se constituindo ao longo de gerações que buscam soluções construtivas, fazendo com que homens, habitações e natureza integrem-se. O saber local está profundamente relacionado com as

particularidades do ambiente e resulta numa utilização equilibrada dos recursos naturais do lugar. Por este motivo, as alterações na cultura construtiva devem ser cuidadosas e planejadas. Segundo Rapoport (2003) mudanças importantes quando realizadas muito rapidamente sem tempo para a comunidade se adaptar fazem com que os moradores sintam-se sem controle e acarretam consequências negativas. Em pesquisa de Mantchev (2010) foram identificadas nas comunidades da Baía dos Castelhanos algumas delas, a saber: perda do saber local em função da contratação de mão de obra externa para construir com as técnicas introduzidas; geração de resíduos e entulhos em áreas naturais protegidas de difícil acesso. Rapoport sugere uma mudança mais lenta, o que denomina "adaptação criativa" - envolve a adoção de inovações e sua adaptação ao sistema cultural.

Atualmente estima-se que cerca de metade da população mundial viva em construções de terra crua, um dos sistemas construtivos mais utilizados mundialmente (Fontaine;Anger, 2009). No Brasil, entretanto, conforme apontado por Candido (2010), os exemplares da arquitetura popular brasileira, ao contrário da arquitetura das construções destinadas às camadas dominantes, não foi objeto de registros históricos, e disso decorre a dificuldade de estudá-las. Para tanto, Saia (2005) sugere o uso de exemplares atuais restantes, como é o caso das construções tradicionais caiçaras. Segundo Pirró (2010), as comunidades caiçaras do Arquipélago de Ilhabela apresentam aspectos particulares por viverem em ilhas protegidas, o que contribuiu para a manutenção de seus aspectos culturais mais preservados se comparados a outras comunidades caiçaras da costa sudeste brasileira. A fim de preservar este aspecto cultural e promover seu continuum, propostas vêm sendo desenvolvidas na linha da participação social e valorização cultural, conceitos adotados pelo projeto Morada de barro aqui apresentado.

3. METODOLOGIA

Os dados sobre quantidade de habitações e materiais utilizados foram extraídos de levantamentos realizados pelos autores em 2006 e 2009 como consultores em projetos realizados na Ilhabela, e de levantamentos realizados para dissertação de post-master de Mantchev (2010).

Para complementar as informações fornecidas pelos dados quantitativos e possibilitar uma análise do tema, realizou-se um diagnóstico de levantamento da percepção dos moradores locais sobre a atual situação habitacional. Esta análise foi então viabilizada em 2012 por meio do projeto Morada de Barro e publicada no Relatório do Projeto Morada de Barro (Mantchev; Perissinoto, 2012). Este diagnóstico foi realizado a partir de entrevistas semiestruturadas com moradores que tem experiência em construção na Baía dos Castelhanos, comunidade localizada no entorno do PEIb. A entrevista apresentou questões sobre formas de extração e aplicabilidade do material terra, tipos de materiais utilizados na estrutura, cobertura e vedação, técnicas construtivas empregadas, determinantes de implantação da casa e de proteção contra as intempéries.

O projeto Morada de Barro é pautado pelos princípios de valorização das culturas locais e da participação comunitária. Atua por meio de processos educativos que valorizam o indivíduo e a qualidade técnica das construções, contribuindo também para conscientizar sobre a importância da utilização dos recursos naturais e dos saberes locais presentes na arquitetura vernacular para a construção do desenvolvimento sustentável. No âmbito deste projeto também foram realizadas oficinas práticas de construção com terra, onde se pôde dar continuidade ao levantamento de informações por meio de trocas de conhecimento, seguindo os métodos de observação participante. Nas oficinas, a equipe de arquitetos interviu desde a execução da fundação até o acabamento das paredes. Em cada etapa houveram discussões sobre o papel de cada elemento da construção, seus detalhes e sua relação com o entorno, tanto no que diz respeito à extração quanto na sua manutenção. Demonstrou-se ainda a técnica de reboco utilizando terra e areia, com a qual os caiçaras rebocaram uma casa modelo e puderam avaliar a qualidade e o resultado da proposta.

4. RESULTADO

O arquipélago de Ilhabela apresenta, atualmente, 15 comunidades tradicionais caiçaras, totalizando cerca de 880 moradores. Nestas comunidades existem 169 habitações caiçaras, das quais 34,31% são construídas em taipa de mão sem reboco e 16,56% estão revestidas por reboco, totalizando 50,87% das casas caiçaras do arquipélago em técnicas de terra crua. O restante está construído em alvenaria de blocos de concreto, tijolo ou madeira. Em relação à cobertura, 78,70% utilizam telhas de fibrocimento, 17,16% utilizam telhas cerâmicas e 2,36% ainda mantém a técnica de cobertura com palha. Importante salientar que apenas 3 casas possuem forro sob a cobertura de fibrocimento (Mantchev, 2010).

Nas comunidades de recorte do presente artigo - Canto da Lagoa, Canto do Ribeirão e Praia Mansa - as habitações estão construídas de acordo com a tabela abaixo (TABELA 1). As técnicas de terra crua (taipa de mão sem reboco e com reboco) somam 80,95% das moradias e, exatamente o mesmo número corresponde às casas com cobertura em telhas de fibrocimento.

Tabela 1. Totais de moradias por técnica construtiva e material nas comunidades Canto da Lagoa, Canto do Ribeirão e Praia Mansa

	Canto Ribeirão		**Canto Lagoa**		**Praia Mansa**		**Total**	
total de residências	**9**	100%	**25**	100%	**8**	100%	**42**	100%
paredes								
taipa-de-mão aparente	8	89%	19	76%	5	62%	**32**	**76%**
taipa-de-mão revestida	0	0%	2	8%	0	0%	2	5%
bloco cerâmico	0	0%	4	16%	0	0%	4	10%
madeira	1	11%	0	0%	0	0%	1	2%
técnica mista	0	0%	0	0%	3	37%	3	7%
cobertura								
palha	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
amianto	9	100%	20	80%	5	75%	**34**	**81%**
telha cerâmica	0	0%	5	20%	3	25%	8	19%
técnica mista	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
sanitários								
interno	8	89%	19	76%	4	50%	**31**	**74%**
externo	0	0%	0	0%	4	50%	4	10%
inexistente	1	11%	2	8%	0	0%	3	7%

No ano de 2012, por meio do Projeto Morada de Barro, foi realizada uma coleta de percepções dos moradores da Baía dos Castelhanos sobre aspectos relacionados à construção de suas habitações. Alguns dos relatos presentes no Relatório do Projeto Morada de Barro (Mantchev; Perissinoto, 2012) são apresentados a seguir, agrupados em tópicos estabelecidos pelos pesquisadores.

4.1. Tempo de construção

As habitações tradicionais de taipa de mão são construídas de forma geral em um tempo relativamente curto: entre 10 a 15 dias, considerando desde a retirada eventual de madeira e bambu no entorno para produção dos esteios e trama de pau-a-pique[1] até a fase de barreamento. Para estas comunidades tradicionais pesquisadas, uma casa é considerada pronta para ser utilizada assim que a condição de abrigo está garantida, mesmo que após esta etapa sejam ainda realizados os acabamentos na superfície, piso e banheiro ou, que ela tenha alguns cômodos acrescentados no decorrer dos anos. A durabilidade da habitação segundo os moradores gira em torno de 30 a 40 anos. Se diz muito: “Ah, esta casa é bem antiga tem mais de 30 anos”.

4.2. Materiais e recursos financeiros

As edificações mais recentes possuem madeiras de baixa qualidade, devido à escassez de madeira de boa qualidade na floresta de entorno decorrente de séculos de exploração, e à interdição da retirada dos remanescentes desta matéria-prima nas florestas de maior altitude em decorrência da implantação da Unidade de Conservação de Proteção Integral.

Consequentemente há uma descrença quanto à durabilidade e qualidade das construções tradicionais, atrelada principalmente a má qualidade da estrutura de madeira e não ao material terra, conforme registrado nas entrevistas. Assim, associa-se um aspecto temporário à estas casas, uma vez que muitas famílias constróem num primeiro momento em taipa de mão, visando num futuro próximo construir em alvenaria.

Uma casa de taipa de mão de pouco mais de 35 m^2 de área é construída atualmente com aproximadamente R$1.000,00 (USD500). São computados neste valor: cobertura, madeiramento e ferragens: pregos, parafusos e dobradiças. Observa-se que muitos elementos da edificação são obtidos com ajuda de terceiros, como por exemplo doações de portas, janelas, pias, vasos sanitários e o que mais conseguirem de útil. O material terra atualmente está atrelado a uma condição de pouco recurso financeiro no planejamento familiar e por conta desta restrição financeira muitos detalhes construtivos importantes são omitidos como fundações, beirais avantajados e revestimentos. Quando indagados sobre os detalhes técnicos de fundação e cobertura que não são suficientes para a manutenção das construções de taipa de mão, se obtém, de maneira geral, a seguinte resposta: *"Construí esta casa sem muito dinheiro. Não tinha dinheiro para o cimento e nem como buscá-lo na cidade, então fiz como pude, se tivesse a oportunidade faria diferente".*

Observa-se ainda em algumas construções a recuperação de materiais de edificações anteriores como madeiras, portas, janelas, esteios, ripas de pati[2] e telhas. Moradores relatam a recuperação de diversos materiais que foram de casas de seus antepassados.

Percebe-se que quando uma família possui maior estabilidade financeira, constrói em alvenaria.

4.3. Cultura

Há um orgulho local em conseguir retirar da natureza o sustento, o transporte e seu abrigo. Este orgulho atualmente está misturado com um anseio por construir em alvenaria. A perda da qualidade do madeiramento e principalmente do saber fazer proporciona, na opinião de muitos, um caráter temporário à habitação. Porém, o conhecimento que a comunidade possui do material terra é grande, no que diz respeito à extração, feitura e sua aplicação.

4.4 Oficinas práticas de construção com terra

A metodologia adotada nas oficinas respeitou a época adequada para a realização da parte prática com a comunidade pois havia o conhecimento adquirido em experiências anteriores de que o período entre novembro e abril não é propício devido à estação de pesca. A partir desta informação a equipe trabalhou o envolvimento dos participantes de modo que se organizassem quanto aos melhores dias para a execução das tarefas, buscando assim minimizar impactos das intervenções no trabalho diário dos participantes.

Durante as práticas no canteiro de obras foram discutidas, a partir do conhecimento existente no local, as etapas de construção das casas e o manejo de recursos. A introdução de técnicas construtivas foi demonstrada juntamente com explicações, ressaltando as diferenças entre as propostas e as práticas existentes relacionadas à execução de fundações, massa para reboco sem utilização de cimento e beirais.

Moradores executaram em mutirão o barreamento de uma residência, conforme figura 1, e posteriormente realizaram oficina de reboco utilizando areia e terra, conforma figura 2. O resultado desta atividade está na figura 3. A equipe técnica trabalhou junto com a comunidade por um ou três dias durante a execução de cada tarefa proporcionando uma reflexão sobre as ações. O caráter experimental e educativo do canteiro fez com que a obra

levasse mais tempo do que é comum na comunidade, sendo que a execução das tarefas durou dois meses.

Figura 1. Oficina de barreado

Figura 2. Oficina de reboco com terra e areia

Figura 3. Paredes internas rebocadas

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a criação do Parque Estadual de Ilhabela (PEIb) em seu caráter de unidade de Proteção Integral, a presença das comunidades, bem como a extração de recursos naturais foi proibida em seu interior. O material tradicionalmente utilizado para as estruturas das moradias contava com madeiras de qualidade como a canela preta e o ipê, que apresentam durabilidade e muita resistência às condições climáticas locais. Observa-se desde a proibição, uma substituição deste material pelas chamadas “madeiras do mato”, que estão fora da área protegida. Com o uso destas madeiras não apropriadas para construção, sua deterioração acelera-se, tornando visível patologias nos pilares e vigas apodrecidos, na ausência de vigas baldrame e na dificuldade de construção de estruturas para telhado com capacidade de suporte das telhas de barro.

Por estes motivos, a qualidade das habitações construídas recentemente muitas vezes é inferior à qualidade das habitações antigas, conforme exemplificado por moradores que relatam a recuperação de madeiras, portas, janelas, esteios, ripas de pati e telhas que eram das casas de seus antepassados para uso em suas novas casas. Nestas casas a estrutura está em melhores condições do que naquelas construídas com material adquirido recentemente.

Com relação ao uso de alvenaria de bloco de concreto ou tijolo, a alteração na cultura construtiva realizada sem direcionamento ou muito rapidamente acarreta impactos negativos pelo uso de materiais diferentes daqueles tradicionalmente empregados pelas comunidades na construção de habitações, tais como: perda do saber local em função da contratação de mão de obra externa para construir com as técnicas modernas; uso de maior porcentagem da renda familiar com habitação para compra de materiais industriais e contratação de mão

de obra (Mantchev, 2010); geração de resíduos e entulhos em comunidades de difícil acesso e localizadas em áreas naturais protegidas; piora na qualidade das habitações a médio prazo quando a família não possui renda para custear a manutenção que antes era feita com material disponível localmente; redução do conforto ambiental quando o projeto não dialoga com as condições climáticas especificas de cada localidade.

Foram registrados dois fatores principais que proporcionam a atual dinâmica de construções na Baia dos Castelhanos: a primeira é a falta de madeira de boa qualidade no entorno e a proibição da extração a partir da promulgação do Código Florestal e posteriormente com a criação do Parque Estadual de Ilhabela. E, em segundo, a dinâmica econômica e a influência das práticas construtivas na face urbana da região.

Com isso, a principais questões enfrentadas em relação à construção das habitações foram:

- Ausência de fundação na maioria das residências (ou alicerce de madeira de má qualidade em contato com o solo).
- Uso de madeira de baixa qualidade nas estruturas.
- Paredes expostas à intempéries devido à ausência de reboco e aos beirais pequenos.
- Utilização de reboco de cimento que descola das paredes de terra em pouco tempo.

Com exceção do reboco de cimento estas características podem ser observadas na figura 4.

Figura 4. Casa sem fundação apoiada sobre uma pedra, madeiras de baixa qualidade, paredes expostas com a parte inferior danificada e beiral pequeno

A figura 5 apresenta a casa construída durante as oficinas do Projeto Morada de Barro com elementos de fundação, estrutura e reboco adequados.

Figura 5. Casa com fundação de pedras e madeiras tratadas

6. CONCLUSÕES

A renda familiar insuficiente para o investimento em construções com material industrial e o difícil acesso às comunidades tradicionais contribuíram para a preservação desta prática construtiva - a taipa-de-mão. Atualmente muitas pesquisas revelam as diversas vantagens de construir em terra crua: de ordem econômica, conforto da moradia, facilidade de construção e sua relação com a ecologia, pois a terra ainda representa o material que menos gasta energia para ser processado; pode ser reciclado inúmeras vezes e, retorna ao meio ambiente com impacto mínimo. Contudo, as edificações em taipa de mão nas comunidades tradicionais possuem um aspecto inferior às de alvenaria, questão que necessita ser melhor difundida com o aprimoramento da técnica.

As construções em taipa de mão estão presentes e vivas nas comunidades, porém não existiu até então um intercâmbio que permitisse seu aprimoramento. O surgimento e o uso das técnicas e materiais modernos e industriais resultaram nas comunidades na construção em alvenaria de cimento.

Observando a evolução da arquitetura vernacular em outros lugares do mundo, fica evidente a troca de soluções técnicas entre diferentes culturas, processo que ocorreu no decorrer de séculos e até milênios. No Brasil percebe-se um rompimento do processo de evolução da cultura construtiva em dois momentos: o primeiro com o início da colonização portuguesa, momento em que às técnicas indígenas são sobrepostas às europeias, originando uma adaptação de ambas que caracteriza arquitetura rural remanescente, e, o segundo com o avanço da indústria do concreto, o que não permitiu um aprimoramento e sobretudo a preservação da técnica do trabalho construtivo tradicional com a terra observado em outras localidades.

Existem atualmente diversas alternativas para o desenvolvimento das construções em terra crua que podem contribuir para o fortalecimento das comunidades tradicionais caiçaras. As soluções possíveis para a região estudada estão focadas no estudo e pesquisas de viabilização do uso do material terra na execução das paredes e da técnica de reboco natural que utiliza somente areia e terra, apresentada pelo projeto Morada de Barro, antes desconhecida pela população da Baía dos Castelhanos. Este acabamento das paredes aumenta a durabilidade da construção e melhora suas condições de salubridade uma vez que fecha as frestas características da taipa de mão. Ao contrário do cimento, não gera resíduos no local e não tem custo de compra ou de transporte. Com a utilização de recursos locais – materiais, conhecimento e mão de obra – também torna viável a qualificação dos construtores sem a necessidade de contratação de mão de obra externa, alavancando a autonomia e economia da comunidade tradicional caiçara e valorizando seu patrimônio cultural e arquitetônico.

No entanto, para o alcance da qualidade nestas habitações é necessário que as paredes construídas e rebocadas com terra sejam protegidas por fundações de blocos de concreto, coberturas com telhas de barro ou telhas metálicas e estruturas em madeira tratada.

Sabendo-se da dificuldade dos moradores locais em adquirir estes materiais, é necessária a parceria do poder público por meio de programas habitacionais que promovam o acesso a estes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. (2007). *Decreto Nacional nº 6.040 de 7/02/2007. Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais*. Brasília, DF.

BRASIL. (2000) *Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).* Brasília, DF.

CANDIDO, A. (2010). *Os parceiros do Rio Bonito: estudo sobre o caipira paulista e a transformação dos seus meios de vida*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Editora Ouro Sobre Azul.

DIEGUES A.; NOGARA, PAULO J.L. (2005). *Nosso lugar virou parque***.** São Paulo, NUPAUB-USP.

FATHY, H. (1980) *Construindo com o povo: arquitetura para os pobres*. (Trd. M. C. Santoro) Riode Janeiro: Editora Forense-Universitária.

FONTAINE, L.; ANGER, A.(2009). *Bâtir en terre, dugrainde sable a l`architecture*, Grenoble: Éditions Belin/Cité des sciences at de l`industries.

ILHABELA. (2006) *Lei n° 421/2006.* Dispõe sobre a Instituição do Plano Diretor de Desenvolvimento Socioambiental do Município de Ilhabela.

LEMOS, C. A. C. *Casa paulista: história das moradia anteriores ao ecletismo trazido pelo café*. São Paulo: EDUSP,1999.

MANTCHEV, A. B. (2010). *Quel habitat en terre pour demain sur Ilhabela, Brésil ? Un regard sur l'habitat traditionnel caiçara culture constructive – habitat – paysage*. Grenoble: Ecole Nationale Superieurie d`Architecture de Grenoble (ENSAG-CRATERRE).

PIRRÓ, M. S. A. (2010) *Práticas de pesquisa de campo com comunidades tradicionais: contribuições para a gestão participativa do Arquipélago de Ilhabela, SP*. São Paulo, Dissertação de Mestrado Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

MANTCHEV, A.B.; PERISSINOTO, L. (2012) *Relatório do Projeto Morada de Barro*. Ilhabela, Associação Elementos da Natureza.

RAPOPORT, A. (2003). *Cultura, arquitectura y diseño.* Barcelona: Editorial Gustavo Gili. S.A.

SAIA, L. (2005). Morada paulista. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva.

Notas

[1] Pau a pique – estrutura em trama composta por peças de madeira utilizadas na vertical e bambu na horizontal que irá suportar o preenchimento em barro da parede. Na construção das residências se diz: "A casa já está com o pau-a-pique pronto, falta só barrear".

[2] Pati - palmeira da Mata Atlântica de madeira fibrosa e tronco exterior de muita resistência. Sua utilização consiste na retirada de ripas com facões ou machados da parte exterior do tronco. Utilizada para a construção das tramas de pau a pique e ripamento de telhados. Observa-se que muitas casas caiçaras e casarões do período colonial o possuem em sua estrutura e ainda hoje estão em ótima qualidade sem sinais de apodrecimento ou atacados por cupins ou brocas.

Currículos

Alain Briatte Mantchev, Arquiteto Urbanista, especialista em Arquitetura de Terra CRAterre – ENSAG/França 2008/2010. Desde 2004 desenvolve projetos na área de meio ambiente, arquitetura e planejamento territorial. Atualmente desenvolve projetos de arquitetura de terra e pesquisas sobre a cultura construtiva na região do litoral de São Paulo e Vale do Paraíba.

Ligia Perissinoto, Arquiteta e Urbanista mestranda pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo em Habitat, especialista em Educação Ambiental, bacharel pela Fundação Armando Álvares Penteado. Desenvolve projetos de arquitetura, projetos socioambientais e diagnósticos com comunidades desde 2006.

SOLO-CIMENTO E ADOBE: COMPOSIÇÃO E DESEMPENHO

Samantha Orui

Coordenadoria de Ensino Tecnológico - Prédio 56
Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT)
Av. Prof. Almeida Prado 532 Cidade Universitária CEP 05508-901 São Paulo, Brasil
Tel.: +55 11 3767 4068 | +55 11 3767 4226
E-mail: samanthaorui@gmail.com

Palavras chave: solo-cimento, adobe, normas técnicas, composição, desempenho.

Resumo

Estratégias de mitigação e adaptação, as mudanças climáticas assumem como premissa a urgência em reavaliar o ambiente construído sob a ótica de seu impacto na biosfera e estimulam iniciativas voltadas à mensuração do impacto ambiental dos materiais construtivos e ao uso de sistemas de avaliação da sustentabilidade da arquitetura. Shuzo Murakami e Tashiharu Ikaga (2008) avaliaram nove tipologias residenciais, utilizando a metodologia *CASBEE for Home (Detached House)*. O relatório *Evaluating environmental performance of vernacular architecture through CASBEE* evidencia que a arquitetura vernacular concatenou o ótimo desempenho térmico da terra com os benefícios do desenho solar passivo e, assim, durante séculos, respondeu exigências de conforto ambiental, nas mais variadas regiões do planeta.

A partir do início do século XX, estudos sobre a estabilização química da terra por meio da adição de materiais industrializados começaram a ser realizados. Verificou-se que as técnicas construtivas que melhor responderam a estabilização química por meio da adição de cimento foram as técnicas de terra compactada, tanto em forma de paredes monolíticas como em forma de tijolos maciços e blocos vazados. Contudo, a constatação de que o cimento é um material não reciclável e que seu uso representa 5% das emissões dos gases do efeito estufa (*World Business Council For Sustainable Developmen*t, 2002) faz ressurgir uma série de outras novas abordagens sobre a necessidade ou não, da estabilização química da terra.

Este artigo tem como objetivo apresentar um breve panorama do que vem sendo divulgado sobre arquitetura de terra, tendo como recorte a prática da estabilização química por meio da adição de cimento Portland. Para sua elaboração, consultou-se a *Standard guide for design of earthen wall building systems* (ASTM-E2392M-10, 2010), a *norma técnica* [peruana] *de edificación E.080 Adobe* (NTE E.080) e as normas brasileiras sobre solo-cimento.

1. INTRODUÇÃO

Estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas assumem como premissa a urgência em reavaliar o ambiente construído sob a ótica de seu impacto na biosfera e estimulam iniciativas voltadas à mensuração do impacto ambiental dos materiais construtivos (ISO 14040) e ao uso de sistemas de avaliação da sustentabilidade da arquitetura, como CASBEE, BREEAM, LEED, entre outros.

Os relatos de que o ciclo de vida do cimento chega a representar 5% das emissões dos gases do efeito estufa (*The Cement Sustainability Initiative our agenda for action*, 2002, p. 20) e que, em alguns países, entre 25% e 45% da energia consumida nas grandes cidades é utilizada para suprir o baixo desempenho térmico de residências (*United Nation Environmental Programme* apud Lax, 2010), desperta atenção.

No momento em que o Governo Federal estimula a produção habitacional através do Programa Minha Casa Minha Vida (figura 1) e que estão em vigor dois sistemas brasileiros de avaliação de sustentabilidade da arquitetura, a Certificação de Construção Sustentável – Processo AQUA (Fundação Vanzolini) e o Selo Casa Azul (Caixa Econômica Federal), torna-se relevante verificar as vantagens e desvantagens da construção com terra.

Ainda mais porque, além das vantagens ambientais – assume-se a premissa de que o uso da terra como material construtivo é uma estratégia para a mitigação das mudanças climáticas – suas vantagens socioeconômicas já foram verificadas e atestadas. Por exemplo, na Ilha Mayotte (figura 2), departamento francês entre o Oceano Índico e o Canal de Moçambique, no Arquipélago dos Comores, ao longo de 20 anos, foram erguidas cerca de 17.000 casas: 60% do total construído foi realizado com blocos de terra comprimida estabilizada com cimento (BTC). O controle e monitoramento dos dados permitiu avaliar o desempenho econômico do projeto e concluir que a produção de BTC representou 75% do custo de produção de blocos de concreto (CRATerre apud Auroville). O projeto da Ilha Mayotte é um caso de sucesso envolvendo solo-cimento, desenvolvimento local e desempenho econômico de empreendimento habitacionais.

Figura 1. Construções em bloco cerâmico, no Paraná (01/12) e no Piauí (12/11). Fonte: Divulgação do Programa [brasileiro] de Aceleração do Crescimento (PAC) pelo Governo Federal.

Figura 2. Construções em bloco de terra comprimida estabilizada com cimento, na Ilha Mayotte. Fonte: CRATerre apud Auroville.

Sabe-se que, em geral, a avaliação da sustentabilidade da arquitetura desestimula: o uso excessivo de materiais não recicláveis e a geração de grande quantidade de resíduos sólidos; a exploração irracional dos recursos naturais e a elevada emissão de gases do efeito estufa; e o uso indiscriminado de substâncias que prejudicam a saúde e degradam o meio ambiente. As vantagens da terra estão relacionadas exatamente ao que os sistemas de avaliação de sustentabilidade da arquitetura incentivam: seu ótimo desempenho térmico favorece, inclusive, a eficiência energética das edificações.

Tal afirmação provém de diversas fontes dentre as quais se cita apenas uma: em 2008, Shuzo Murakami e Tashiharu Ikaga avaliaram nove tipologias residenciais, utilizando a metodologia CASBEE for Home (Detached House). O relatório “Evaluating Environmental Performance of Vernacular Architecture through CASBEE” evidencia a baixa performance ambiental da arquitetura moderna e confirma o ótimo desempenho térmico de alguns dos mais representativos exemplares da arquitetura vernacular (Murakami; Ikaga, 2008).

Este artigo tem como objetivo apresentar um breve panorama do que vem sendo divulgado sobre arquitetura de terra, tendo como recorte a prática da estabilização química por meio

da adição de cimento Portland. Para sua elaboração, consultou-se a Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems (ASTM-E2392M-10, 2010), a Norma Técnica [peruana] de Edificación E.080 Adobe (NTE E.080) e as normas brasileiras sobre solo-cimento.

2. O USO DA TERRA COMO MATERIAL CONSTRUTIVO

O uso da terra como material construtivo, assim como o uso do bambu, da madeira e da pedra, faz parte da cultura construtiva de povos das mais variadas regiões do planeta. Ao contrário do que se imagina, as construções de pedra não são as únicas que resistiram as intempéries e chegaram até o século XXI: as casas em Taos Pueblo (figura 3), no Novo México (EUA), foram construídas em adobe[1] há mais de 1000 anos e são, até hoje, habitadas; e na China, data dos séculos XV a XX, construções comunais em taipa de pilão, também, até hoje habitadas (figura 4).

Figura 3. Construções em adobe, no Novo México (EUA). Fonte: First Earth.

Figura 4. Construções em taipa de pilão, na China. Fonte: © UNESCO

A terra é o material construtivo mais abundante que se encontra na natureza. Seu uso vem sendo aprimorado tanto pelo saber empírico, passado de geração a geração, por meio da arquitetura vernacular, quanto pela pesquisa científica, e diversos ensaios vêm sendo realizados com o intuito de subsidiar a elaboração de normas técnicas e regulamentar seu uso.

Chama a atenção o fato de que o Peru é o único país latino-americano que possui uma norma específica para a construção de casas de adobe (E-080, 2000) e que essa norma é citada na Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems (ASTM-E2392M-10, 2010). De acordo com Schroeder (2011), outros países que também regulamentaram o uso da terra como material construtivo são: Nova Zelândia, França, Índia, Nigéria, Sri Lanka, Zimbabwe, Austrália, Espanha, Suíça e Alemanha. Além destes, a ASTM E2392M também cita: China, Equador e EUA (Califórnia e Novo México). O Brasil não é citado, porque a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ao abordar a terra como material

construtivo, assume como premissa que o cimento faz parte da mistura, a qual denomina solo-cimento.

2.1 Aspectos gerais

As técnicas construtivas em terra crua podem ser divididas em três grandes grupos: terra trabalhada no local e utilizada de forma monolítica (ex.: *cob* e taipa de pilão), terra em forma de alvenaria (ex.: adobe e bloco de terra comprimida) e terra como preenchimento de uma estrutura (ex.: pau-a-pique e *bahareque*). Para cada grupo, há uma consistência e uma plasticidade ideal, de acordo com exigências relacionadas à trabalhabilidade do sistema construtivo.

Schroeder (2011) sugere que as normas e regulamentações vigentes sejam divididas, também, em três grandes grupos temáticos, de acordo com seus conteúdos: classificação do solo, o uso da terra como material construtivo e sistemas construtivos em terra crua. As normas brasileiras versam sobre solo-cimento; a NTE E.080 versa sobre blocos de terra secos ao sol (adobe); e a ASTM E2392M não versa sobre nenhum sistema construtivo em específico.

O solo é resultante da ação conjunta de agentes intempéricos sobre as rochas e é constituído por partículas minerais e orgânicas. Sua plasticidade e coesão são influenciadas diretamente pelos teores de areia, silte e argila. A argila é a partícula mineral que atua como aglomerante e o silte e a areia, como agregados. Os argilominerais[2] mais comuns são: caulinita, ilita e esmectitas. A montomorilonita (esmectitas) em contato com a água apresenta expansão significativa, por isso, ao secar, retrai até 25%, sendo isso que torna o solo composto predominantemente por montomorilonita, o menos indicado para a construção.

Carvalho (2007) alerta para o fato de que, diferente dos solos de regiões temperadas, os solos tropicais estão sujeitos a intemperismo contínuo e severo. Segundo o pesquisador, *em um manto de intemperismo, um centímetro de solo não é jamais exatamente igual ao seguinte, apesar de poder apresentar a mesma cor e aparentar a mesma textura* (Carvalho, 2007, p. 527). Por isso, classificações baseadas em propriedades físicas, tais como cor, textura e plasticidade são insuficientes para se ter uma ideia mais precisa do comportamento hidráulico e mecânico dos solos tropicais.

De todo modo, aceita-se a hipótese de que existem diversos testes que podem ser realizados in loco e sem o uso de equipamentos sofisticados para descobrir algumas das principais características do solo disponível para a construção. As principais características verificáveis são: granulometria, plasticidade, coesão e compactabilidade. Os testes prescritos são: teste de adesão, teste de rigidez, teste de retenção de água, teste de consistência, teste de coesão e teste de retração.

A caracterização química e mineralógica sugerida por Carvalho (2007) – que complementa a caracterização baseada em propriedades físicas – é possível por meio de equipamentos sofisticados (difração de raio x e microscopia eletrônica de varredura) e seu custo torna-a pouco viável para obras de pequeno porte.

Estabilizar a terra é compreender o teor das partículas minerais e suas características. Os principais objetivos dos métodos de estabilização da terra são: aumentar a resistência mecânica, aumentar a coesão e a resistência à erosão e reduzir a porosidade e as variações de volume. Há três tipos de estabilização: mecânica, física e química. A adição de fibras vegetais é um exemplo de estabilização mecânica. A palha, por exemplo, age como ponte de transferência das tensões pelas fissuras e, por isso, melhora o comportamento mecânico da terra: ao reduzir a velocidade de propagação das fissuras, aumenta a capacidade de resistência pós-fissuração do material e diminui a retração por secagem, seguindo o mesmo princípio do uso de fibras em concretos. A estabilização física pode ser descrita como a alteração da terra através da mistura controlada de partículas de diferentes composições e granulometrias, ou seja, com o que a engenharia denomina

"empacotamento". Já a estabilização química, é a ação que busca modificar as propriedades da terra por meio de reações químicas, tal como faz o cimento, o cal e o betume.

3. TERRA ESTABILIZADA COM CIMENTO

A terra pode ser estabilizada com diversos materiais, tanto naturais como processados. Dentre os materiais processados, os mais conhecidos são o cal[3] e o cimento, embora existam estudos sobre o uso do gesso e do betume.

Verificou-se que a ABNT considera que o solo-cimento é a matéria prima de técnicas construtivas que pressupõem a compactação da terra. A compactação influencia na densidade do material e este, por sua vez, influencia seu desempenho mecânico e seu desempenho térmico.

Barbosa e Ghavami (2007, p. 1532) explicam que *o objetivo da prensagem da terra é aproximar os grãos, tentando reduzir os poros do material, o que lhe dará maior resistência mecânica*. Segundo Ferreira (2003, p. 1-3) *todo solo coesivo tem a propriedade de adensar-se, mediante compactação, até um máximo conseguido pela reacomodação ou entrelaçamento das partículas do solo, sob condições de alta pressão e ótimo teor de umidade*.

Para todas as outras técnicas construtivas, seu uso não convém: a adição de cimento altera a trabalhabilidade da terra, tornando-a pouco plástica, o que compromete a realização de entramados (pau-a-pique, *bahareque*) e das paredes de cob. Além da trabalhabilidade, existe outra justificativa: o cimento ignora a capacidade aglomerante da argila e altera sua permeabilidade ao vapor de água (ASTM-E2392M-10), que é a característica da terra relacionada diretamente a qualidade de ar interno (Minke, 2010). Sem esquecer-se do fato de que, ao ser adicionado a terra, o cimento faz com que esta se torne, definitivamente, imprópria para a agricultura e deixe de ser considerada um material de construção 100% reciclável (ASTM-E2392M-10).

Do ponto de vista da sustentabilidade, pode-se dizer que o aumento da quantidade de cimento adicionado à terra resulta em um aumento linear do impacto ambiental, no caso das paredes monolíticas de solo-cimento (Lax, 2010, p. 41).

Sobre a adição do cimento à terra, assim posiciona-se a ASTM no item 6.3.1:

> *Historicamente, construções com vários andares foram feitas com terra crua não estabilizada e continuam em pé (ex.: Taos, Shibam), demonstrando que o uso da terra crua não estabilizada com materiais modernos pode ser muito mais durável do que se supõe. Com o objetivo de diminuir o custo econômico e diminuir a poluição gerada com os resíduos de construção, o uso do cimento, do cal e do gesso só deve ser realizado quando outras soluções para aumentar a resistência e a durabilidade não forem encontradas (ASTM-E2392M-10).*

3.1 Reações químicas

Não é objetivo deste artigo adentrar no universo da química, contudo julgou-se importante transcrever algumas explicações. Silva (1988, p. 659) afirma que:

> *(...) o processo de estabilização do solo por um aglomerante hidráulico é um fenômeno ainda não totalmente conhecido, fazendo-se apenas algumas hipóteses. A explicação mais aceita é de que, pela hidratação do cimento, há uma mudança da carga elétrica no meio argiloso, através da troca de cátions, havendo uma atração entre as partículas, fazendo com que se reúnam, formando partículas maiores, determinando, desta forma, a perda de plasticidade da mistura. O produto final se caracteriza pela formação de cadeiras hexagonais que isolam, em seu interior, partículas que não chegam a ser aglutinadas, impedindo sua dilatação pela impermeabilidade.*

Ferreira (2003, p. 14) explica que:

> *(...) ao se formularem quaisquer mecanismos de reação do solo-cimento provocando agregação, Chadda (1970) observou que o efeito do cátion livre, liberado durante o processo de endurecimento do cimento, deve ser levado em conta. Para este autor, uma das mais importantes características do cimento é que suas partículas comportam-se como eletricamente carregadas, aumentando a condutibilidade elétrica da mistura de solo-cimento; a presença de cargas elétricas nas partículas de cimento provoca uma atração entre o cimento e as partículas de argila, produzindo agregação. A aglomeração de partículas de argila é, posteriormente, incrementada pela reação com o cálcio livre liberado durante o processo de hidratação do cimento.*

Neste sentido, Carvalho, (2007, p. 532) coloca que:

> *(...) o pH é particularmente importante na estabilização química do solo. Assim, por exemplo, na estabilização com cal ou cimento, se o do solo encontra-se abaixo do correspondente ao ponto isoelétrico, o solo é desestruturado quando este é atingido, podendo, eventualmente, voltar a se agregar a posteriori.*

3.2 Desempenho mecânico: resistência à compressão

Sabe-se que a desvantagem do uso da terra como material construtivo está relacionada ao fato de que esta não é padronizável. Para zelar pelo desempenho estrutural das construções em solo-cimento, a ABNT determina valores mínimos de resistência à compressão, tanto de tijolos maciços (NBR 8491:1984) e blocos vazados (NBR 10834:1994), quanto de paredes monolíticas de solo-cimento (NBR 13553:1996)[4]. O mesmo faz a NTE E0.80, para adobes.

Com o intuito de verificar a viabilidade técnica de se produzir tijolos maciços e blocos vazados de solo-cimento, em diferentes regiões do Brasil, optou-se por comparar o resultado de ensaios realizados no Estado da Paraíba (região nordeste), com o resultado de ensaios realizados no Estado de São Paulo (região sudeste). Uma vez que o ótimo desempenho de construções em adobe vem sendo comprovado pela manutenção e uso de habitações centenárias, decidiu-se também comparar o resultado de ensaios realizados no Estado da Paraíba, com o resultado de ensaios realizados em Minas Gerais (sudeste).

Os ensaios consultados foram realizados por Gonçalves (2005), com o apoio do Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LABEME) do Centro Tecnológico da Universidade Federal da Paraíba (CT/TDPB); pelo Centro Tecnológico de Controle de Qualidade “L.A. Falcão Bauer Ltda.”, a pedido de um fabricante de blocos vazados de solo-cimento do Estado de São Paulo; e, por Corrêa (2003), com o apoio da Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais.

3.2.1 Blocos de terra comprimida (BTC)

Em literatura, encontrou-se informações sobre ensaios realizados por Olarde e Guzman (1993) em que BTCs alcançaram resistência média à compressão igual a 7,25 MPa. Chama a atenção o fato de que Gonçalves (2005), adicionando o mesmo teor de cimento (4%), tenha encontrado resistência média igual a 1,95 MPa (Tabela 1).

O que justifica resultados tão diferentes?

Barbosa e Ghavani (2007, p. 1535) afirmam que:

> *a percentagem do estabilizante depende do tipo de solo que se vai empregar e também da resistência requerida. Se houver muita argila presente, vai ser exigido no mínimo 6% de cimento. Se o solo é excessivamente arenoso, podem ser requeridas taxas maiores. Se o solo é bem graduado, 4% (e até mesmo 2%) de cimento já aumentam a resistência em relação ao material bruto [e] levam a blocos de ótima qualidade.*

Partindo desta afirmação, aceita-se a hipótese de que a granulometria da terra ensaiada por Olarde e Guzman (1993) e por L. A Falcão Bauer Ltda. (2005) são diferentes da granulometria da terra ensaiada por Gonçalves (2005).

Então, qual seria a granulometria ideal para o solo-cimento?

Para Barbosa e Ghavani (2007), um solo que contém entre 10 e 20% de argila, 10 a 20% de silte e, entre 50 e 70% de areia, está bem graduado para o solo-cimento. Importante observar também que, segundo Segantini e Alcantara (2007, p. 835):

> *os solos devem ter, no entanto, um teor mínimo da fração fina, pois a resistência inicial do solo-cimento compactado se deve a coesão da fração fina compactada. A experiência tem demonstrado que solos com teores de silte mais argila inferiores a 20% não propiciam compactação adequada, sobretudo na confecção de tijolos prensados, dificultando o processo de moldagem.*

Tabela 1. Resultados de ensaios de compressão de blocos de terra comprimida

fonte	dimensão (cm)		tipo	argila + silte	resistência média à compressão [MPa]	teor de cimento
Olarde e Guzman (1993)	10x14x16		-	-	7,25	4%
Gonçalves (2005)	10x14x28		tijolo maciço	34,9%	2,34	7%
				34,9%	1,95	4%
L. A. Falcão Bauer Ltda. (2005)	15x7,5x30		bloco vazado	-	3,94	-
NBR 10835/1994 NBR 10834/1994 (substituída pela NBR 10834:2012)	A	9x14x39 9x14x19	bloco vazado	-	2,00	-
	B	14x14x39 14x14x19				
	C	19x14x39 19x14x19				
NBR 8491/1984 (substituída pela NBR 8491:2012)	I	20x9,5x5	tijolo maciço	-	2,00	-
	II	23x11x5				

Chama a atenção o fato de que nenhum dos relatórios consultados correlaciona granulometria com resistência à compressão. Diante disso, surge outra questão: quão relevante é, de fato, para pesquisas relacionadas ao solo-cimento, a caracterização química e mineralógica sugerida por Carvalho (2007)?

Os mapas evidenciam que, possivelmente, o solo amarelo escolhido por Gonçalves (2005), no município de João Pessoa, no Estado da Paraíba (figura 5), seja diferente do solo utilizado pelo fabricante do Estado de São Paulo, no município de São Pedro (figura 6). No entorno de João Pessoa, predomina o latossolo amarelo, o latossolo vermelho-amarelo e o argissolo vermelho-amarelo; no entorno da cidade de São Pedro, onde se localiza a fábrica paulista, o latossolo vermelho e o argissolo vermelho-amarelo.

Observação: o mapa a seguir foi elaborado em 1981 e está sendo utilizado apenas para ilustrar a classificação do solo de acordo com a pedologia. Sabe-se que, em 2011, a EMBRAPA divulgou um documento intitulado “O novo mapa de solos do Brasil legenda atualizada escala 1:5.000.000”.

A pedologia é a ciência do solo que se dedica ao estudo do solo em seu ambiente natural. Vem desta área da geologia, as observações de Carvalho (2007) sobre o comportamento distinto entre os solos tropicais e os solos de clima temperado. Para ele *a avaliação das propriedades químicas e mineralógicas é imprescindível quando se vai avaliar a susceptibilidade do solo a estabilização* (Carvalho, 2007, p. 540).

Fica a dúvida: nas reações químicas do solo-cimento, a argila e o silte têm a mesma função?

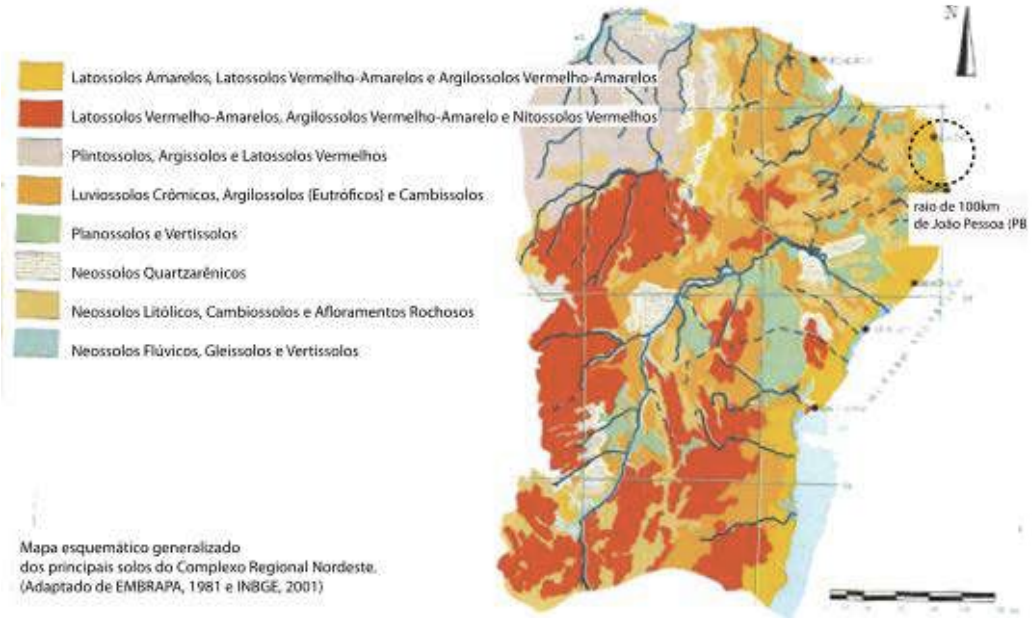


Figura 5. Mapa dos tipos de solo da Complexo Regional do Nordeste, no Brasil.
Fonte: Lepsch, 2002

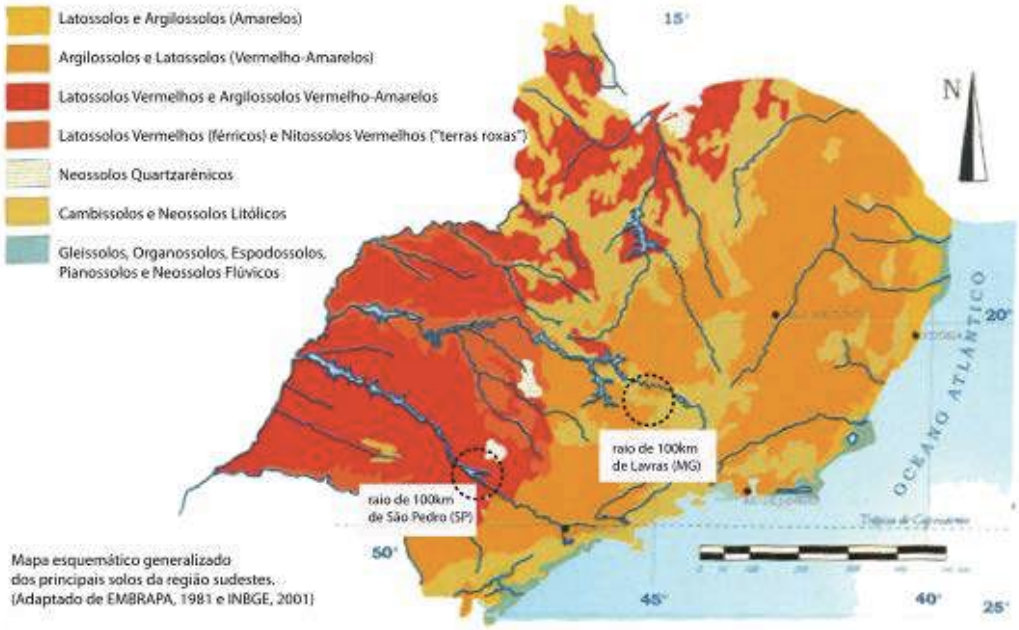


Figura 6. Mapa dos tipos de solo da Região Sudeste, no Brasil.
Fonte: Lepsch, 2002

3.2.2 Adobes

Com o intuito de verificar a viabilidade técnica de utilizar adobes para a construção de habitações rurais na região sul do Estado de Minas Gerais, onde predomina o latossolo vermelho amarelo distrófico – LVAd, Corrêa (2003) realizou uma série de ensaios. A pesquisadora recolheu 3 amostras de terra com diferentes granulometrias e adicionou areia média até encontrar a proporção de 20% de argila, 30% de silte e 50% de areia. Com as amostras de terra recolhidas e as amostras de terra em que a areia foi adicionada, Corrêa (2003) solicitou a produção de 3.000 adobes de 3 diferentes tamanhos, os quais foram submetidos a distintas condições de armazenamento durante a secagem: espaço fechado (F), galpão coberto (G) e sujeito as intempéries (T). Os ensaios provaram que adobes de 29 cm x14 cm x10 cm são capazes de atingir resistência a compressão igual e/ou superior a 2 MPa (Tabela 2).

Gonçalves (2005), por sua vez, escolheu a terra amarela disponível nos depósitos de material de construção da capital do Estado da Paraíba, João Pessoa. A terra, composta por 28,2% de argila e silte, foi utilizada para produzir adobes de 30 cm x14 cm x10 cm, que foram armazenados em galpão coberto (G) e alcançaram resistência média inferior a 2 MPa (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado de ensaios de compressão de adobes.

Referência	dimensões (cm)	argila	silte	areia	resistência média a compressão [MPa]
Corrêa (2003)	29x14x10	22%	31%	47%	2,13
		22%	31%	47% (*)	1,29
		50%	10%	40%	1,86
		50%	10%	40% (*)	2,88
		71%	10%	20%	4,17
		71%	10%	20% (*)	2,23
		71%	10%	20% (**)	3,00
Gonçalves (2005)	30x14x10 com fibra	28,2%		-	1,41
	30x14x10 sem fibra	28,2%		-	1,21
NTE E.080	-	10% a 20%	15% a 25%	55% a 70%	1,90
(*) + acréscimo de 60% de areia		(**) + acréscimo de 40% de areia			

Por que a resistência a compressão dos adobes ensaiados por Corrêa (2003) e por Gonçalves (2005) é tão diferente?

Para responder a pergunta, diante das informações encontradas, optou-se por verificar o tipo de solo e analisar a influência da granulometria no desempenho mecânico dos adobes.

Enquanto Gonçalves (2005) trabalhou com amostras de latossolo amarelo, latossolo vermelho-amarelo ou argissolo vermelho amarelo cujo teor de areia era 70,8%, Corrêa (2003) trabalhou com amostras de latossolo vermelho distrófico, cujo teor de areia variava entre 20% e 60%. Gonçalves (2005) não informa separadamente o teor de argila e o teor de silte, sabe-se apenas que juntos representavam 28,2%; e, o teor de argila mais silte das amostras de Corrêa (2003) variaram entre 53% e 81%. Por meio dos ensaios de Corrêa (2003) pode-se observar que o teor de argila exerce influência direta na resistência à compressão.

Barbosa e Ghavani (2007) afirmam que um solo que contém entre 15 e 35% de argila, 10 a 45% de silte e, entre 45% e 75% de areia, está bem graduado para a produção de adobes. Sendo assim, pode-se assumir que a proporção argila mais silte deve variar entre 25% e 55%.

Apesar de Gonçalves (2005) ter trabalhado com uma terra com mais do que 25% de argila mais silte, surge uma questão: teria a terra utilizada por Gonçalves (2007) argila suficiente para garantir à mistura, coesão e resistência?

Não se sabe. O que se sabe é que para produzir adobes com resistência a compressão igual e/ou superior a 2 MPa, a terra utilizada por Gonçalves (2005) deveria ter sido estabilizada. A análise prévia dos dados encontrados para os blocos de terra comprimida

(item 3.1.1) indica que mesmo a estabilização química pela adição de cimento poderia ser insuficiente para que componentes construtivos ensaiados por Gonçalves (2005) apresentassem desempenho mecânico satisfatório (resistência a compressão igual e/ou superior a 2 MPa). Então, o que se poderia fazer?

Sabe-se que adobes são componentes construtivos milenares e que pinturas egípcias registraram seu uso há mais de 2.000 anos atrás (figura 7).

Figura 7. Pintura no túmulo de Rekhmara, em Tebas (Egito). Foto: © Charles & Josette Lenars.

O saber popular afirma que a adição de argila pode ser feita em solos arenosos.

Observação: especial atenção deve ser dada aos solos com alto teor de silte. É que o silte, também conhecido como poeira de rocha, apresenta uma fina camada de argila ao seu redor, o que faz com que suas partículas, em contato com a água, apresentem alguma plasticidade e coesão. Sua principal característica é: ao fazer com que a argila presente na terra se ocupe apenas com as ligações químicas necessárias para fazer com que todo o silte seja aglutinado, o silte impede a argila de aglomerar as partículas de areia. Por isso, a estabilização de terras com alto teor de silte é feita pela adição de materiais naturais. O esterco, por exemplo, é utilizado para aumentar a coesão em solos com muito silte e pouca argila, uma vez que, em situações como esta, o acréscimo de argila não se mostra eficaz, devido a própria estrutura atômica e molecular do silte. Contudo, não há conhecimento de pesquisas científicas sobre o uso do esterco (nem da caseína) e seu uso foi consagrado pela arquitetura vernacular.

3.3 Propriedades térmicas

Para simulações computacionais que tenham como objetivo verificar o desempenho térmico de construções em solo-cimento, sugere-se que sejam adotados os seguintes valores: para blocos vazados, densidade igual a 1713 kg/m³ e calor específico igual a 0,80 kJ/kgºC (IPT, 2007); e, para tijolos maciços, densidade igual a 1920 kg/m³ e calor específico igual a 0,83 kJ/kgºC (Adam e Jones apud Ferreira, 2003, p. 185). Segundo Moita (2010, p. 195), a densidade dos adobes pode variar entre 1000 kg/m³ e 1700 kg/m³ de acordo com a quantidade de fibra vegetal mas, apesar disso, o autor sugere que seja adotado calor específico igual a 1,00 kJ/kgºC.

4. CONCLUSÃO

O uso da terra como material construtivo faz parte da cultura construtiva de povos das mais variadas regiões do planeta.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ao abordar o uso da terra como material construtivo, assume a premissa de que o cimento faz parte da mistura, a qual denomina solo-cimento. O uso do cimento como estabilizante de solos nem sempre é adequado: pode-se afirmar que seu uso em fechamentos verticais está associado a técnicas construtivas caracterizadas pela compactação do solo, pois a adição de cimento altera a trabalhabilidade da terra, tornando-a imprópria para as demais técnicas construtivas.

A ABNT estabelece que a resistência média à compressão de paredes monolíticas de solo-cimento deve ser igual ou superior a 1,0 MPa (NBR 13553:1996) e que, no caso dos tijolos maciços (NBR 8491:1984) ou blocos vazados (NBR 10834:1994), igual ou superior a 2,0 MPa. A ASTM-E2392M não faz referência direta a nenhum técnica construtiva e a E.080 estabelece que a resistência a compressão do adobe deve ser igual ou superior a 1,2 MPa (12 kg/cm^2).

De fato, o Brasil carece de normas técnicas sobre o uso da terra como material construtivo e é legítima a proposição de Barbosa e Ghavani apud Gonçalves (2005) acerca de uma norma específica para o adobe.

Ao comparar ensaios de resistência à compressão de tijolos maciços e blocos vazados de solo-cimento constatou-se que, além da granulometria, outros fatores influenciam o teor de cimento e, consequentemente, o desempenho mecânico dos componentes construtivos.

Conclui-se que enriquecer as pesquisas sobre solo-cimento, é necessário correlacionar ensaios de resistência à compressão com dados sobre caracterização física, química e mineralógicas das amostras ensaiadas. Tratando-se de um material não padronizado, os resultados não podem ser universalizados e representam o comportamento mecânico apenas de uma determinada amostragem. A correlação dos dados, seguindo a lógica aplicada à ciência (método cientifico), permitirá a elaboração de parâmetros para teor de cimento e enfraquecerá a hipótese de que o uso da terra como material construtivo é inviável em larga escala, porque a terra não é um material padronizado.

Sugere-se, ainda, que novas pesquisas sejam realizadas com o intuito de demonstrar a importância da inércia térmica e da capacidade térmica para a eficiência energética das edificações e, desta forma, validar a hipótese de que o uso da terra como material construtivo é uma estratégia para a mitigação das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcantara, Marco Antonio de Morais (1995). *Estabilização química de solos para fins rodoviários: técnicas disponíveis e estudo de caso para três solos de Ilha Solteira.* Viçosa, M.G.: UFV, 1995. 91p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Alcantara, Marco Antonio de Morais; Segatini, Antônio Anderson da Silva (2007). Solo-cimento e solo-cal. In: Isaia, Geraldo C.. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.* São Paulo: Ibracon. Cap. 25, p. 833-861. V.2.

American Society for Testing and Materials (2010). *ASTM-E2392M-10 Standard guide for design of earthen wall building systems*.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento*. Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). *NBR 10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural.* Rio de Janeiro: ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). *NBR 10835 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: forma e dimensões*. Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996). *NBR 13553 – Paredes monolíticas de solo-cimento.* Rio de Janeiro: ABNT.

Auroville. *World Project Case Studies*. Disponível em: http://www.earth-auroville.com/world_project_case_study_en.php

Barbosa, Normando Perazzo; Ghavami, Khosrow (2007). Terra crua para edificações. In: Isaia, Geraldo C. *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: Ibracon. Cap. 45, p. 1505-1583. V.2.

Carvalho, José Camapum (2007). Solo como material de construção. in: Isaia, Geraldo C. *Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 24, p. 525-561. V.1.

Chadda, L. R. (1970). *The phenomenon of aggregation in the stabilization of soils with cement.* India, Central Road Res. Inst. New Delhi. *Indian Concrete Journal 44(5):210-212*.

Corrêa, Andréa Aparecida Ribeiro (2003). *Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua)*. Dissertação (mestrado em construções rurais e ambiência). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Ferreira, Regis Castro (2003). *Desempenho físico-mecânico e propriedades termofísicas de tijolos e mini-painéis de terra crua tratada com aditivos químicos*. 2003. 204 f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Departamento de Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes, Maurício Paulo Ferreira (2006). *Mineralogia do solo***.** Departamento de Solos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa.

Gonçalves, J.S (2005). *Contribuição para a normalização de alvenaria estrutural de tijolos de terra crua para construções urbanas*. Dissertação (mestrado em engenharia urbana). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (2007). *Relatório técnico nº 96 166-205:* Determinação de calor específico médio de compósito mineral. São Paulo: IPT.

International Organization for Standardization (2006). ISO 14040:2006 *Environmental management -- Life cycle assessment - Principles and framework.*

L.A. Falcão Bauer Ltda. (2005). *Relatório E/101.883/05: Blocos de solo-cimento. Ensaios de determinação da resistência à compressão*. São Paulo

Lax, Clare (2010). *Life cycle assessment of rammed earth*. Department of Architecture and Civil Engineering. University of Bath, dissertação.

Lepsch, Igo F (2002). *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos.

Lima, D. C. (1981). *Algumas considerações relativas a aspectos da estabilização de solos, em particular a estabilização solo-cal.* São Carlos, S.P.: EESC, 1981. 171p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Moita, Francisco (2010). *Energia solar passiva*. Portugal: Argumentum.

Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. *Adobe: Norma Técnica de Edificación E-080.* Lima, Peru: Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción / Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción [SENCICO].

Minke, Gernot (2010). *Manual de construcción en tierra*: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquictectura actual. Espanha: Ecohabitar.

Murakami, Shuzo; Ikaga, Toshiharu (2008). *Evaluating environmental performance of vernacular achitecture trough CASBEE*. Japão: Japan Greenbuild Council (JAGBC) e Japan Sustainable Building Consortium (JSBC).

Olarte, Jorge Luis de; Guzmán, Evelin (1993). *Manual de edificación con tierra armada*: diseño, cálculo y construcción con el sistema CET. Madrid: Comunidad de Madrid.

Schroeder, Horst (2011). *Building codes and standards in earth building – The current situation in Germany.*

Silva, Moema Ribas (1988). O uso do solo-cimento na construção. in: Bauer, L. A. Falcão. *Materiais de construção.* Rio de Janeiro: LTC Livros técnicos. Cap. 24, p. 656-681. V.2.

World Business Council for Sustainable Development (2012). *Cement sustainability iniciative: our agenda or action*. Suíça.

Notas

1) Adobes são blocos de terra crua: suas dimensões e formas variam de acordo com a cultura construtiva e a região em que são produzidos. Apesar de serem comumente retangulares, há referências sobre adobes trapezoidais.

2) Para os geólogos, todo argilomineral é uma argila, mas nem toda argila é um argilomineral. O termo argila é adotado para a fração do solo com partículas inferiores a 0,005mm (2µm), enquanto que o termo argilomineral refere-se a silicatos hidratados de alumínio (Al_4 [Si_4 O_{10}](OH)$_8$) do grupo dos filossilicatos. Os minerais pertencentes ao grupo dos filossilicatos tem como unidade básica na sua composição lâmina(s) de tetraedros(s) de silício rodeado por oxigênios (Fontes, 2006, p. 64-65)

3) De acordo com Olarde e Guzman (1993, p. 47): o uso do cal (4%) em solos com muito silte e muita argila diminui a retração, não provoca colapso após absorção de água e aumenta a resistência a compressão; contudo, o uso do cal não é indicado para solos estabilizados fisicamente pela adequada proporção entre argila, silte e areia e para solos arenosos, porque desfavorece a resistência a compressão e provoca colapso após absorção de água. Para mais detalhes sobre a estabilização de solos com cal no Brasil, Segantini e Alcantara (2007) recomendam a leitura dos trabalhos de Lima (1981) e Alcantara (1995).

4) Em 2012, algumas normas da ABNT foram atualizadas. As normas citadas que foram atualizadas são: NBR 8491 – *Tijolo Maciço de solo-cimento*; NBR 10834 – *Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural* e a NBR 13553 – *Paredes monolíticas de solo-cimento*.

Currículo

Samantha Orui, graduada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) em 2007. Atualmente, cursa mestrado profissional em Habitação: Tecnologia no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT).

EXPERIENCIA DE PROCESO ENSEÑANZA – APRENDIZAJE PARA RESTAURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA: IGLESIA EN SAN JUAN, ARGENTINA

María Rosa Plana[1], Arturo Pereyra[2]

Universidad Nacional de San Juan - Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño- Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat. UNSJ - FAUD - IRPHA.
Ignacio de la Roza 590 Oeste Rivadavia. San Juan. Complejo Universitario I. Malvinas
(+54) (0264) 423 2395./.3259 /5397
[1]planamariarosa@gmail.com; [2]arturoar2003@yahoo.com

Palabras claves: Enseñanza, Aprendizaje, Construcción, Restauración, Patrimonio vernáculo

Resumen

Se realizaron experiencias interactivas con pobladores del departamento Iglesia, con la modalidad CURSO - TALLER en el tema "Construcción y Restauración de Arquitectura de Tierra" por un equipo de investigadores- extensionistas del IRPHA (Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina) con extensa trayectoria en estudios sobre patrimonio, tecnologías con uso de materiales y técnicas locales, normas y recomendaciones sísmicas de la provincia, y en cátedras de grado.

Estos cursos corresponden al proyecto de Extensión, "Intervención de edificios patrimoniales a través de la formación y capacitación de un equipo técnico en el departamento iglesia" y a las actividades planificadas en cátedras electivas de grado, "Protección del patrimonio urbano y arquitectónico" y "Construcción en tierra"**.**

Las tareas de extensión resueltas en estas experiencias se basan en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la construcción y restauración de edificaciones con valor patrimonial, desarrollándose a partir del intercambio de conocimientos teóricos - prácticos, adquirido por un equipo técnico formado de la comunidad, constructores, albañiles, hacedores de arquitectura vernácula y de los docentes y alumnos avanzados de la carrera Arquitectura de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de San Juan.

En la provincia de San Juan, Argentina**,** en los departamentos del Norte, existen edificaciones de tierra, adobe y tapia, con más de un siglo de antigüedad, de estilos diversos, de alto valor patrimonial.

Actualmente, estos edificios históricos presentan deterioros producidos, por la acción del clima, del hombre, la utilización inadecuada de los materiales y tecnologías, y falta de mantenimiento. Las patologías más frecuentes son similares en estos edificios, tales como, ascenso de humedad del suelo, filtración en las cubiertas, socavones y agrietamientos.

Una adecuada intervención permitiría mantener las características de la identidad histórica-cultural, rica en tecnologías y morfología de sus testimonios vivos, reflejados en obras. Saberes conservados por los pobladores a través del tiempo. Sin embargo estos conocimientos se van diluyendo porque solamente tienen un soporte oral para su trasmisión.

Los trabajos de restauración y construcción con tierra requieren de operarios instruidos en técnicas constructivas apropiadas para realizar un correcto trabajo. Estas comunidades que de a poco van olvidando estas técnicas y en el camino se van perdiendo importantes detalles, necesitan de un proceso de enseñanza - aprendizaje organizado y sistemático.

1. INTRODUCCIÓN

El patrimonio de la provincia de San Juan, Argentina, es muy rico y variado, el aspecto general de nuestra ciudad, producto del sismo ocurrido en 1944, es moderno, regido por normas edilicias sismo resistentes.

En los departamentos del norte Sanjuanino donde el sismo no fue tan destructivo, existen poblados rurales de características únicas, ciudades históricas, con edificios singulares que

van desde molinos harineros, y edificios correspondientes a la minería, palomares, almacenes, hasta casonas antiguas de patios con distintas tipologías realizados con técnicas de construcción con tierra.

Actualmente, estos edificios históricos presentan algunos deterioros y patologías producto del clima y falta de mantenimiento en la mayoría de los casos. Una adecuada intervención permitiría mantener las características de la identidad histórica-cultural, de estos pueblos valiosos en tecnologías, morfología y saberes conservados por los pobladores a través del tiempo.

El turismo y la minería están acelerando los procesos de renovación urbana y edilicia en estos departamentos, sin control, por la ausencia de planes oficiales en las temáticas de turismo y conservación del patrimonio.

Estas comunidades, necesitan de un proceso de enseñanza – aprendizaje organizado y sistemático para recuperar el conocimiento de las técnicas constructivas que poseen y concienciarse del valor de su patrimonio y la importancia de su participación en la conservación del mismo.

Con estas experiencias se intenta aportar una herramienta práctica y teórica para fortalecer conocimientos técnicos en la restauración reciclaje y puesta en valor de los bienes patrimoniales rurales con la formación y capacitación del equipo técnico.

Están dirigidas a técnicos, oficiales, constructores aficionados, tapieros, adoberos, cargos públicos locales, educadores, miembros de asociaciones culturales etc., son los principales responsables de la gestión patrimonial.

Estas experiencias surgen como síntesis de la labor de investigación y extensión de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la UNSJ (Figura 1).

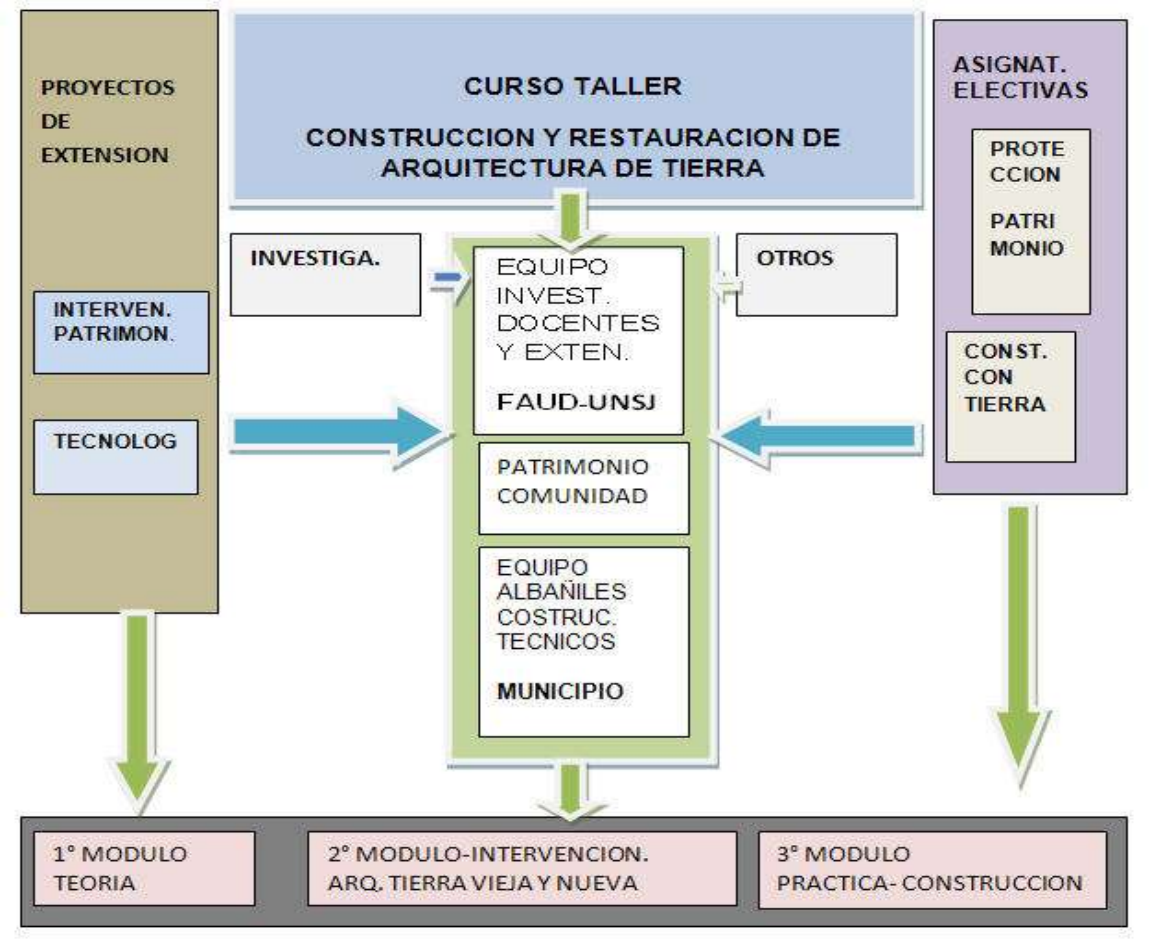


Figura 1 – Cuadro síntesis de la integración de extensión, investigación y docencia en el proceso.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Conservación del patrimonio

La diversidad de culturas y de patrimonio cultural en todo el mundo, es numerosa y valiosa por lo que su protección y puesta en valor es fundamental. La importancia del patrimonio de un país lo deben comprender los gobernantes para una buena toma de decisiones respecto a su conservación.

La conservación del patrimonio se centró durante décadas en los monumentos, mientras que la historia reciente, tiene en cuenta los edificios de los poblados rurales, los edificios modestos de la ciudad, que también nos ofrecen rasgos identitatarios y auténticos.

Desde los ámbitos académicos se estudia el tema de la conservación del patrimonio y se plantean propuestas, pero es, desde las esferas gubernamentales donde se deben tomar las decisiones tanto a nivel nacional, regional, y local para crear un mejor equilibrio entre las necesidades económicas y de conservación del patrimonio. .

Es importante recordar que la UNESCO (1972) considera como principio fundamental el hecho que "el patrimonio cultural de cada uno es el patrimonio cultural de todos"[1]. De esta forma las responsabilidades sobre el cuidado y la gestión del patrimonio recaen sobre la comunidad a la que pertenece, representa la memoria y constituye el testimonio físico, social y cultural de la misma.

Trabajar por el patrimonio consiste en un esfuerzo constante por preservar la identidad y sensibilizar a la comunidad sobre el valor de sus bienes patrimoniales que son los que mantienen una especial relación con ellos, todos debemos ser protagonistas y bregar por la conservación del patrimonio, vecinos, instituciones privadas y estatales.

Los mismos pobladores a veces se avergüenzan de sus propias construcciones, y encuentran al patrimonio como algo viejo y sin valor. La sensibilización y la revalorización de sus bienes materiales se deben resolver trabajando el tema del trabajo colectivo, de ellos deben salir las soluciones a sus propios conflictos.

En lo que respecta a la relación entre Patrimonio Cultural y Educación, Olaia Fontal Merillas (2006) afirma que debe centrarse *en el sujeto que aprende y en el proceso de enseñanza – aprendizaje.* Afirma que *La mirada especifica que le corresponde a la educación es la referida a los procedimientos y, por tanto, es fundamental el proceso de patrimonializacion y de identificación a partir de un elemento cultural; así como la comprensión y el respeto hacia la diversidad*…[2]

La Carta del Patrimonio Vernáculo construido (1999) aprueba la continuidad de los sistemas tradicionales de construcción, y los oficios y técnicas asociados con ese patrimonio, esenciales para la restauración de Tales técnicas deben ser conservadas y legadas a las futuras generaciones, mediante la educación y formación de artesanos y constructores[3].

> *Todo pueblo tiene el derecho y el deber de defender y conservar el patrimonio ya que las sociedades se reconocen a sí mismas a través de los valores en que encuentran fuente de inspiración creadora... conservar el patrimonio equivale a mostrar el respeto hacia el legado de innumerables generaciones que nos han precedido, al tiempo que entregamos el testigo de la tradición cultural a las siguientes* (México 1975)[4].

Se es consciente que la supervivencia del patrimonio vernáculo, no depende solamente de la intervención de organismos oficiales sino del aporte de todos los miembros e instituciones de la sociedad, para lo cual se deben establecer las estrategias apropiadas para una efectiva, valoración y conservación del patrimonio local

La educación resulta un instrumento eficaz para alcanzar determinados fines de allí la propuesta por un lado sensibilizar a la comunidad del valor de su propio patrimonio y por otro concientizar y capacitar en la necesidad de preservarlo y rescatarlo.

Y en la necesidad de preservación aparece otro nivel de capacitación, el técnico, la formación de recursos humanos para las tareas concretas de restaurar y también de

conservar técnicas y modos de construir.

Se debe informar, formar, educar para adquirir nuestra conciencia colectiva, para que el niño, el joven y el adulto se comporten como ciudadanos responsables y respetuosos de su pasado y para que reconozcan sus raíces culturales.

El esfuerzo por preservar los testimonios materiales de nuestro pasado es una tarea que nos compromete a todos; sin embargo, esta tarea de proteger el pasado resulta muy difícil en una ciudad como San Juan que posee el más alto índice de sismicidad del país y por ese motivo tiene una legislación muy estricta y especifica.

A pesar de los trágicos terremotos, en nuestra provincia perduran, aun hoy, en algunos departamentos, viejas construcciones con posibilidades de recuperación., de características constructivas vernaculares, que fueron construidas con habilidad y buena calidad en la forma y uso de los materiales naturales.

Según la "Carta del Patrimonio Vernáculo Construido" (1999)

> *el Patrimonio Vernáculo forma parte de un proceso continuo, que incluye cambios necesarios y una continua adaptación como respuesta a los requerimientos sociales y ambientales. La continuidad de esa tradición se ve amenazada en todo el mundo por las fuerzas de la homogeneización cultural y arquitectónica. Cómo esas fuerzas pueden ser controladas es el problema fundamental que debe ser resuelto por las distintas comunidades, así como por los gobiernos, planificadores y por grupos multidisciplinarios de especialistas[5].*

La UNESCO y el ICOMOS[6] impulsaron líneas de acción concretas a través de esta Carta, comprometiendo al país miembro de las Naciones Unidas a tomar medidas tendientes a "promover y proteger" este patrimonio. Estas medidas recomiendan investigar y documentar antes de cualquier intervención material, respetando la integridad de edificios y asentamientos y su relación con el paisaje.

La misma carta insta a respaldar la continuidad de los sistemas tradicionales de construcción, y muy especialmente proteger los oficios y técnicas de artesanos y constructores y también se recomienda poner énfasis en desarrollar programas educativos y promover el funcionamiento de redes regionales de arquitectura vernácula para facilitar el intercambio de experiencias. La mano de obra de los trabajos de restauración requiere de operarios instruidos en el conocimiento de técnicas constructivas apropiadas y materiales locales.

La conservación y restauración de los bienes inmuebles de valor patrimonial implican una serie de criterios teóricos y prácticos en la toma de decisiones particulares y generales, ya que cada edificio o monumento presenta problemáticas particulares, definidas en relación a su historia, a su significado y a su materialidad, pero también existen criterios generales que tutelan la actividad a nivel internacional.

Estos criterios, expresados en las "Cartas de Restauro"[7], tienen el propósito de normalizar los trabajos de conservación y restauración del patrimonio histórico y la advertencia de mantener la integridad de la obra, la necesidad de emplear materiales compatibles, y de realizar intervenciones que afecten lo menos posible la originalidad de los edificios patrimoniales.

La Declaración de Ámsterdam (1975), que recoge las conclusiones del Congreso sobre Patrimonio Arquitectónico Europeo, celebrado en el mismo año, establece que: *Se deben tomar medidas para garantizar que los materiales de construcción tradicionales puedan continuar utilizándose, y que los oficios y técnicas tradicionales se sigan aplicando [8].*

En el "Convenio para la Salvaguarda del Patrimonio Arquitectónico de Europa", (1985), se trató específicamente el tema de los materiales y técnicas tradicionales, al disponer que *Cada parte se compromete a adoptar políticas de conservación integrada que fomenten, por ser indispensable para el futuro del Patrimonio Arquitectónico, la aplicación y el desarrollo de técnicas y materiales tradicionales[9]*

La Recomendación relativa a la protección y puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico Rural, adoptada en (1989), hace referencia clara a este tema, estableciendo que se deben aplicar, a los edificios protegidos, los principios de la Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios, adoptada en Venecia en 1964, en el 2º Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, y abogar por la conservación y rehabilitación del conjunto edificado y por el uso de materiales de sustitución más adecuados, cuando falten los materiales tradicionales[10].

2.2 Arquitectura de tierra y patrimonio

La vivienda popular de cualquier cultura que surge de los factores ambientales, de las necesidades y modos humanos presenta un gran mérito tanto por su estética como en la relación entre la forma, tecnología y uso.

Los arquitectos anónimos de la historia, desarrollaron por necesidad formas arquitectónicas naturales muy prácticas y económicas se basaban en principios lógicos.

La tierra como material de construcción está disponible en cualquier lugar y en abundancia. Sus ventajas, como se ha comprobado a lo largo de la historia son múltiples. El hecho de hallar todavía, en los departamentos de San Juan, en buen estado, muchas obras en tierra, refleja cuan duraderas pueden llegar a ser. Son muchísimos los testimonios arqueológicos e históricos de la construcción con tierra, pero además el barro abunda en nuestra geografía.

La tecnología de la "tierra cruda" considerada como óptima desde el punto de vista del equilibrio y protección del medio ambiente por ser poco agresiva, constitutiva de soluciones útiles para resolver las necesidades habitacionales en medios rurales, e identificadora de segmentos específicos de períodos históricos de la arquitectura, se presenta como una parte insustituible del patrimonio de la Humanidad (Chiappero; Supisiche, 2003).

3. MARCO REFERENCIAL

El departamento: Iglesia se encuentra ubicado a 170 km al noroeste de la Provincia de San Juan, en el corazón de los valles Cordilleranos, a 1800 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 20.527 km², 7000 habitantes, Su Villa Cabecera es Rodeo y su densidad es de 0,3 hab/km^2

Los límites departamentales, son al norte la provincia de La Rioja, al sur el departamento de Calingasta, al este La Rioja y los departamentos de Jáchal y Ullum y al oeste la República de Chile, por la Cordillera de los Andes (Figura 2).

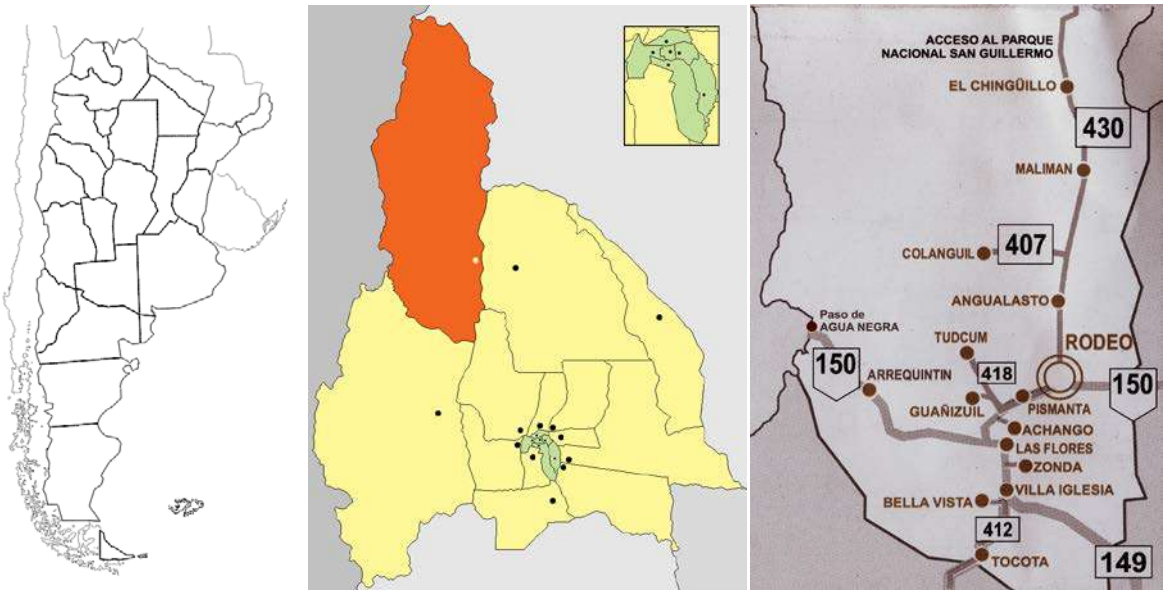


Figura 2 Argentina, San Juan, Departamento de Iglesia, rutas nacionales y provinciales.

Aquí se conjugan la aridez del desierto con el verde de la cadena de pequeños oasis (Las Flores - Rodeo - Tudcum - Angualasto)

Existen edificaciones de tierra, adobe y tapia, con más de un siglo de antigüedad, con un lenguaje arquitectónico variado de características únicas e irrepetibles. Esta arquitectura vernácula está relacionada a la actividad ganadera y la importante producción harinera, que se puede comprobar por las existencias de la cantidad de molinos harineros, que hoy son Monumentos Nacionales.

Los Iglesianos fueron participes del apogeo económico desde fines de siglo XIX hasta las primeras décadas del siglo XX, cuando se vieron notablemente afectados por la llegada del ferrocarril, siendo anterior a este hecho la relación comercial y social, con Chile.

Diagnóstico de situación. Patologías comunes de las edificaciones patrimoniales

Para Intervenir un objeto patrimonial se necesita realizar un diagnóstico de situación que consiste en determinar las causas y el grado de deterioro de las patologías encontradas. Un buen diagnóstico cimienta los criterios de Intervención a utilizar, ya que la rehabilitación en edificios de tierra requiere técnicas y criterios específicos, y el conocimiento de técnicas constructivas apropiadas, .por lo que no se deben generalizar las intervenciones aplicando mecánicamente normas, recomendaciones y procedimientos.

Se debe conocer y considerar el “caso por caso” con la mayor profundidad posible para proponer soluciones eficaces de restauración, consolidación y adecuación de construcción nueva. Luego de un extenso relevamiento ocular de las edificaciones del departamento las más de interesantes en cuanto a características arquitectónicas e históricas, se detectaron las patologías comunes a ellos y los casos particulares y son las producidas por humedad por ascensión desde el suelo, infiltración de agua de lluvia, desprendimientos, socavones y agrietamiento y fisuras en los muros.

La tarea de restauración en la mayoría de los edificios es la de reparar, reintegrar y/o reemplazar elementos o partes deterioradas, producto de las humedades y consolidar grietas y fisuras en muros.

4. ANTECEDENTES DE TRANSFERENCIA

En la Facultad de Arquitectura de San Juan en el área de investigación del Instituto regional de planeamiento y hábitat**,** se trata de transferir e integrar áreas del conocimiento en investigación y extensión a través de proyectos, y en la docencia de grado a través de asignaturas electivas.

La mayoría de los extensionistas e investigadores de este equipo, estudian la temática del patrimonio rural desde un enfoque interdisciplinar abarcando tanto las ciencias duras como las blandas y aplicando metodologías positivistas y cualitativas a fin de profundizar el complejo objeto de estudio.

En investigación se trabaja en la disciplina de conservación del patrimonio desde el año 1999 en el que se hizo hincapié en la revalorización del patrimonio rural de pequeñas asentamientos, se vio la necesidad de concientizar a los pobladores sobre el valor de su patrimonio, y la necesidad de transferir los desarrollos tecnológicos realizados sobre mejoramiento de prácticas de restauración de edificaciones construidas en tierra, con valor patrimonial.

En la elaboración dictado y realización de estas experiencias se integran las cátedras electivas de “Protección del patrimonio arquitectónico: patrimonio turismo y ambiente” “Arquitectura de Tierra”, los proyectos de investigación: “Planificación de Proyectos Culturales para la puesta en valor del Patrimonio del Departamento Iglesia” de la convocatoria pasada y los actuales “Estrategias morfológicas y tecnológicas de diseño sismo resistente para construcción y restauración de edificios de tierra” y “Preservación y sostenibilidad del patrimonio cultural en el corredor Bioceánico- tramo San Juan”[11].

Los proyectos de extensión “Transferencia de tecnologías de restauración y edificio patrimoniales para pobladores del departamento Iglesia.” y “Capacitación para pobladores de zonas rurales en los procesos de restauración de edificios construidos en tierra, con valor patrimonial de convocatorias anteriores generaron gran expectativa en la comunidad del departamento como en el ámbito universitario[12]. Se decidió seguir trabajando en esa comunidad y con la capacitación con el proyecto de Extensión del que surge esta experiencia “Intervención de edificios patrimoniales para uso comunitario y/o turístico, a través de la formación y capacitación de un equipo técnico en el departamento Iglesia, San Juan.

4.1 Docencia de grado cátedras electivas

Construcción con tierra[13].

La construcción con tierra no es considerara en los planes de estudio quedando la formación como una iniciativa personal del alumno y futuro arquitecto.

Por lo tanto esta materia pretende conocer las técnicas de ejecución y sistemas constructivos, la tecnología de los materiales, su origen, composición y el comportamiento físico mecánico a los distintos esfuerzos y solicitaciones, e Interpretar y valorar los factores culturales, climáticos, condiciones de uso, y mantenimiento que determinan el diseño de las construcciones de tierra y de las distintas soluciones técnicas constructivas.

Protección del patrimonio urbano y arquitectónico. Patrimonio turismo y ambiente[14.]

Esta asignatura electiva, brinda conocimientos y herramientas necesarias para introducir al alumno en una dinámica de análisis del patrimonio cultural local. Propone trabajar con la investigación histórica como el sustento científico que necesita la preservación del patrimonio.

Se trata de *educar* en lo cívico-moral en la temática patrimonial, *conocer – valorar – querer y respetar* nuestro patrimonio y de *instruir*, *enseñar* en lo técnico-científico de la producción arquitectónica, es decir desde una visión integral adquirir un *compromiso en el pensar, en el sentir y en el hacer.*

Crear conciencia en el alumno sobre el valor del patrimonio cultural y la necesidad de su conservación, salvaguardando la identidad y autenticidad. Formar activos defensores y agentes protagonistas en la conservación del ambiente y del patrimonio local, en un proceso metodológico de-constructivo respecto a los edificios patrimoniales.

Acordar principios básicos sobre teorías y conceptos de conservación preservación y modos de producción del diseño arquitectónico que posibiliten una acción operativa eficiente y el juicio de valor propio. Establecer un puente pedagógico entre el presente y el pasado. Definir posturas teóricas, necesarias para el conocimiento de la realidad, coherentes con la práctica.

El Programa Temático incluye una parte teórica, una parte práctica y visitas. Las visitas son diferentes recorridos por la ciudad y a los Departamentos de Iglesia y Jachal para y la provincia para conocer, identificar y analizar los bienes patrimoniales de arquitectura de tierra

4.2 Proyectos de Extensión

Capacitación para pobladores de zonas rurales en los procesos de restauración de edificios construidos en tierra, con valor patrimonial en la región andina[15].

El objetivo de este proyecto fue dictar cursos de capacitación a los pobladores del lugar, en los procesos de restauración de edificaciones de tierra con valor patrimonial. Para complementar este curso se elaboró un manual de técnicas de restauración y mantenimiento, con documentación gráfica y fotográfica de los edificios y detalles de sus patologías, y las soluciones posibles, con especificaciones de los preparados de mezcla, morteros, dosajes necesarios, y una lista de herramientas necesarias para realizar los diferentes trabajos.

Intervención de edificios patrimoniales para uso comunitario y/o turístico, a través de la formación y capacitación de un equipo técnico en el departamento Iglesia, San Juan[16].

El objetivo general del proyecto fue Intervenir edificios patrimoniales, a partir de la formación y capacitación de un equipo técnico de pobladores y se desarrolló a partir de la transferencia del conocimiento teórico práctico del equipo de extensionistas, a un equipo integrado por miembros de la comunidad y técnicos del municipio del Departamento Iglesia.

La formación versó sobre técnicas constructivas, materiales y el estudio particularizado de patologías que presentan los edificios patrimoniales, para dar una respuesta óptima a sus vulnerabilidades y proteger su autenticidad. La transmisión de las herramientas teóricas necesarias, para realizar correctas prácticas de restauración en el patrimonio vernáculo construido, por los miembros de la misma comunidad, porque ellos deben ser no solo los custodios sino también los hacedores y restauradores del patrimonio local.

4.3 Proyectos de Investigación

Planificación de Proyectos Culturales para la puesta en valor del Patrimonio del Departamento Iglesia[17].

Específicamente la propuesta presenta un programa general y distintos subprogramas particulares, a realizar, cada uno de los cuales incluye acciones concretas especificadas en los proyectos, para llegar a cumplimentar el objetivo planteado al comienzo de esta investigación: “Elaborar un plan para la puesta en valor del patrimonio integral del dto. Iglesia utilizando como herramienta el turismo y la educación de la comunidad involucrada para favorecer el desarrollo local”.

El proyecto resulto un aporte a la conservación del patrimonio rural -vernáculo utilizando como herramientas, la planificación de los aspectos técnico- constructivo- morfológico y funcional incluyendo la gestión referida a la formación recursos humanos y consenso en las decisiones.

Se presentan 6 subprogramas, 4 referidos al patrimonio integral como eje central y 2 transversales al mismo referidos a la actividad turística y a la educación, cada uno con sus respectivos proyectos correspondientes. Dentro del Plan propuesto un programa trabajaba específicamente con intervención de edificios de tierra y otro se desarrollaba en forma transversal con Proyectos de Educación

Los talleres de rehabilitación fueron Concientizar para conservar y Conociendo nuestro patrimonio. La finalidad de estos fue lograr que alumnos de escuelas técnicas y habitantes del lugar puedan participar en rehabilitación, previo asesoramiento sobre las técnicas de intervención de los bienes patrimoniales.

Se hace una pequeña referencia al Programa Políticas para el Desarrollo Sustentable Y Plan Estratégico de la Reserva de San Guillermo 2010-2011, este proyecto comienza con un “Taller sobre identificación de intereses de la población local para el desarrollo sustentable en el departamento de iglesia, en el año 2009, con representantes de las instituciones pertinentes, para realizar el Proyecto: Desarrollo sustentable en la reserva de biósfera de San Guillermo y sus áreas aledañas En esta primera sesión, entre todos los presentes se establecieron las preocupaciones por el desarrollo sustentable de la zona (suelo, tierra y aire).se identificaron oportunidades para un crecimiento sustentable.

Luego de esta reunión el Instituto de Políticas Públicas explicó las políticas para el desarrollo sustentable en la reserva de biósfera de San Guillermo, y la intención de ampliar el área de la reserva e incluir las poblaciones del departamento Iglesia, ya que es la única reserva del mundo que no tiene población

Se plantearon talleres de Concientización y capacitación entre el año 2011 y 2012.

Se trató de lograr a través de la capacitación teórica – práctica que los habitantes del lugar puedan participar en la construcción de viviendas, o rehabilitación de las mismas, previo asesoramiento sobre las técnicas de intervención de un bien patrimonial.

Taller 1-“Conociendo nuestro Patrimonio” Proponía trasmitir los conocimientos de los investigadores, en la temática patrimonial, a la comunidad. Se dictó en dos días.

Taller 2-“Capacitar para conservar”. Se transmitieron conocimientos constructivos, sobre técnicas constructivas en cuanto a restauración de edificios patrimoniales y adecuación de la infraestructura de alojamiento Se dictaron tres talleres de un día cada uno en las localidades de Bella Vista, Angualasto y el Chinguillo[18].

5. EXPERIENCIA REALIZADA

Las tareas de extensión resueltas en estas experiencias se basan en el proceso de enseñanza- aprendizaje sobre la construcción y restauración de edificaciones con valor patrimonial, desarrollándose a partir del intercambio de conocimientos teóricos - prácticos, adquirido por un equipo técnico formado de la comunidad, constructores, albañiles, hacedores de arquitectura vernácula y de los docentes y alumnos avanzados de la carrera Arquitectura de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de San Juan.

Se dictaron cursos y talleres de capacitación a los técnicos del municipio, líderes de la comunidad y a los pobladores del lugar, en un proceso de ida vuelta ellos nos enseñan su acervo constructivo tradicional heredado y nosotros de la restauración de edificaciones con valor patrimonial.

Las actividades realizadas en los talleres de “intervención de arquitectura de tierra” en el Departamento Iglesia, realizados los días 1 y 2 de noviembre y “Construcción y Restauración de Arquitectura de Tierra” 10, 11 y 12 de diciembre del 2012.

Primera etapa – Gabinete y gestión. En una primera etapa, el equipo de trabajo, organiza el curso a los docentes. Busca material bibliográfico, recopila información sobre historia y patrimonio cultural del lugar. El equipo de extensionistas elabora un registro de datos de los bienes inmuebles, monumentos, sitios o lugares identificados como bienes patrimoniales a través de fichas elaboradas para tal fin, con los datos aportados por docentes y alumnos.

Para la concientización de la comunidad se diseñan y elaboran folletos y paneles de difusión. Elabora las clases teóricas y prácticas y prepara material didáctico.

Segunda Etapa – Concientización. Charlas formales e informales con la comunidad a fin de interesarlos en la preservación de sus bienes patrimoniales y conocer la relación que poseen con ellos. Se esbozan los primeros criterios de conservación y preservación, motivando a los participantes en un posible programa de supervisión de tareas para la concreción de las acciones. Se seleccionan los edificios y análisis de las patologías, para evaluar el grado de deterioro que presentan. Se proponen soluciones constructivas con materiales y tecnologías que contemplen las normas de preservación de patrimonio edilicio.

Tercera Etapa – Formación de recursos humanos. Se dictó el curso teórico de capacitación en técnicas constructivas, utilización de materiales locales, estudio particularizado de las patologías que presentan los edificios y a la problemática de la construcción con tierra en la provincia Debate sobre el tema.

Los contenido de patrimonio versaron en conceptos de conservación, preservación, criterios y normativa. El dictado, de estos contenidos, es continuado con trabajo de campo. Se realizan las visitas guiadas y finalmente en donde se exponen los problemas prácticos con la presencia de la comunidad alumnos, vecinos y autoridades del lugar.

Este evento es organizado por los extensionistas y la municipalidad. Como conclusión se elabora un Plan de Conservación. En este se deberán tomar las decisiones y acciones a seguir, para lo cual se elaborará un Programa tentativo de Tareas.

Se visitaron edificaciones de valor patrimonial, construcciones de tierra contemporáneas, y restauraciones, rehabilitaciones, y consolidaciones de algunos edificios realizadas en Las Flores y Rodeo (Figura 3 y Figura 4). Posteriormente en el siguiente módulo se trabajó en una población alejada, El Carrizal a 14 km de Angualasto, que como consecuencia de los

embates de una creciente, el pueblo está abandonado, ahora vive una sola familia.

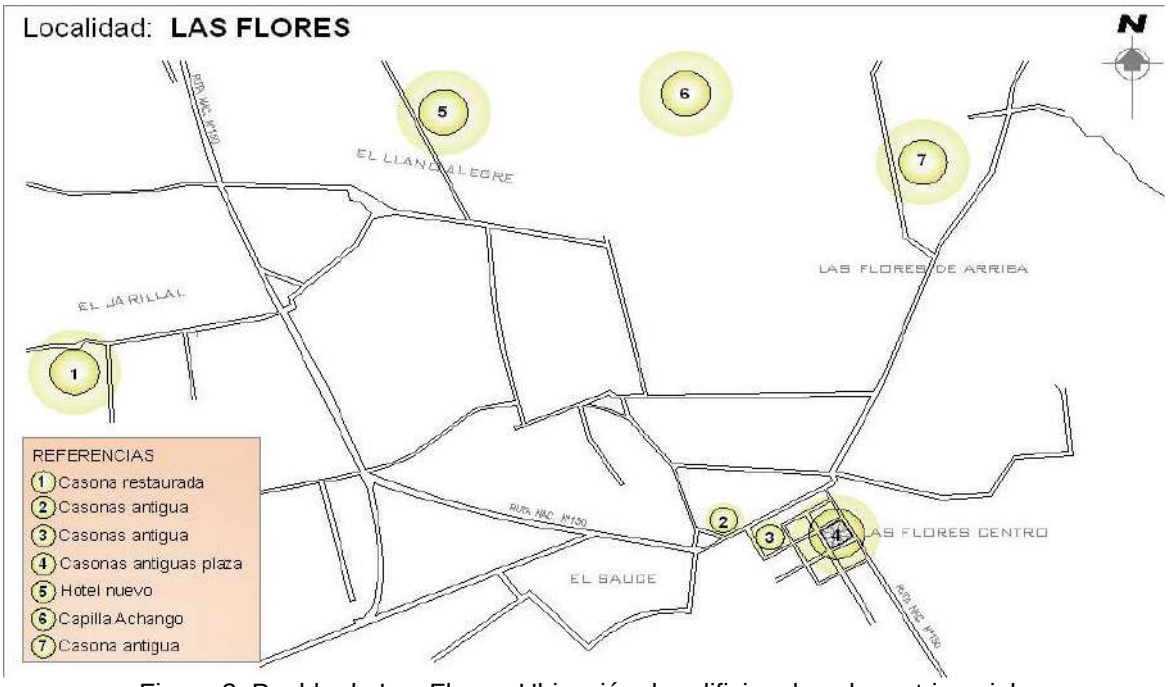


Figura 3. Pueblo de Las Flores. Ubicación de edificios de valor patrimonial.

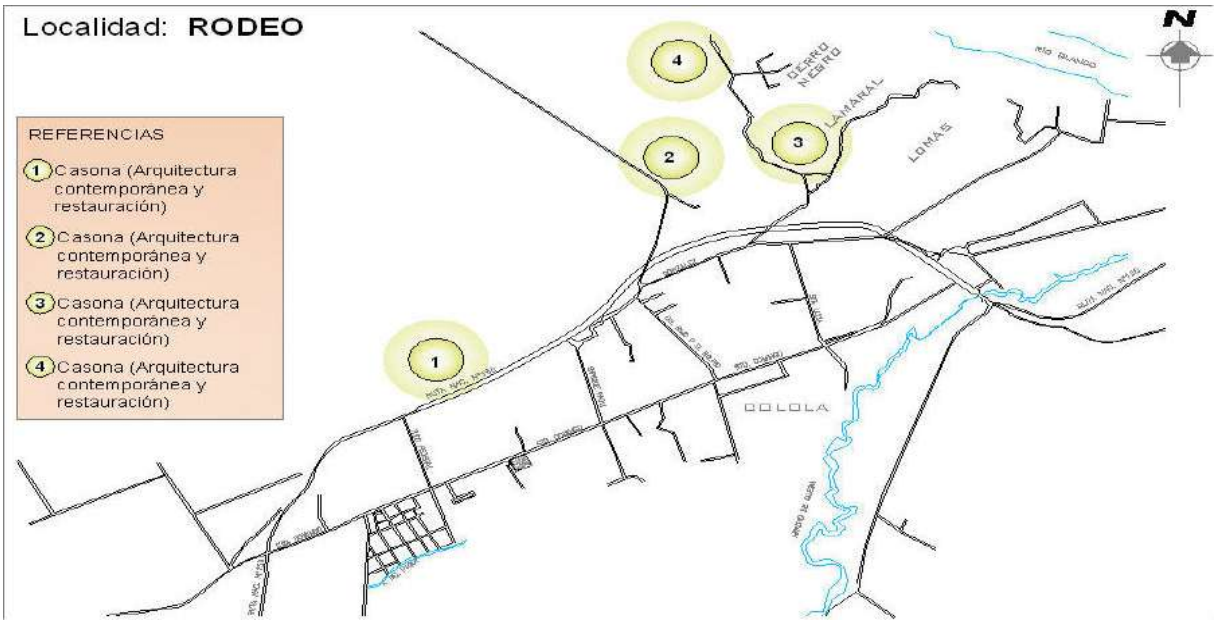


Figura 4. Distrito de Rodeo. Ubicación de edificios de arquitectura de tierra contemporáneos y restauraciones en edificaciones antiguas

Se trabajó en la finca de la familia Brizuela, construyendo, hasta altura de dintel, una habitación para uso de visitantes que llegan a la zona. La familia solicito al municipio ayuda para la realización de una sala de estar y comedor. Un grupo de alumnos avanzados pertenecientes a las cátedras antes mencionadas fueron los hacedores de esta experiencia se realizaron las tareas de: preparación de barro, traslado de ladrillos de adobe, colocación de ladrillos 10 hiladas, colocación de ventana, construcción de un contrafuerte construcción de una ventana con botellas y limpieza (Figura 5)

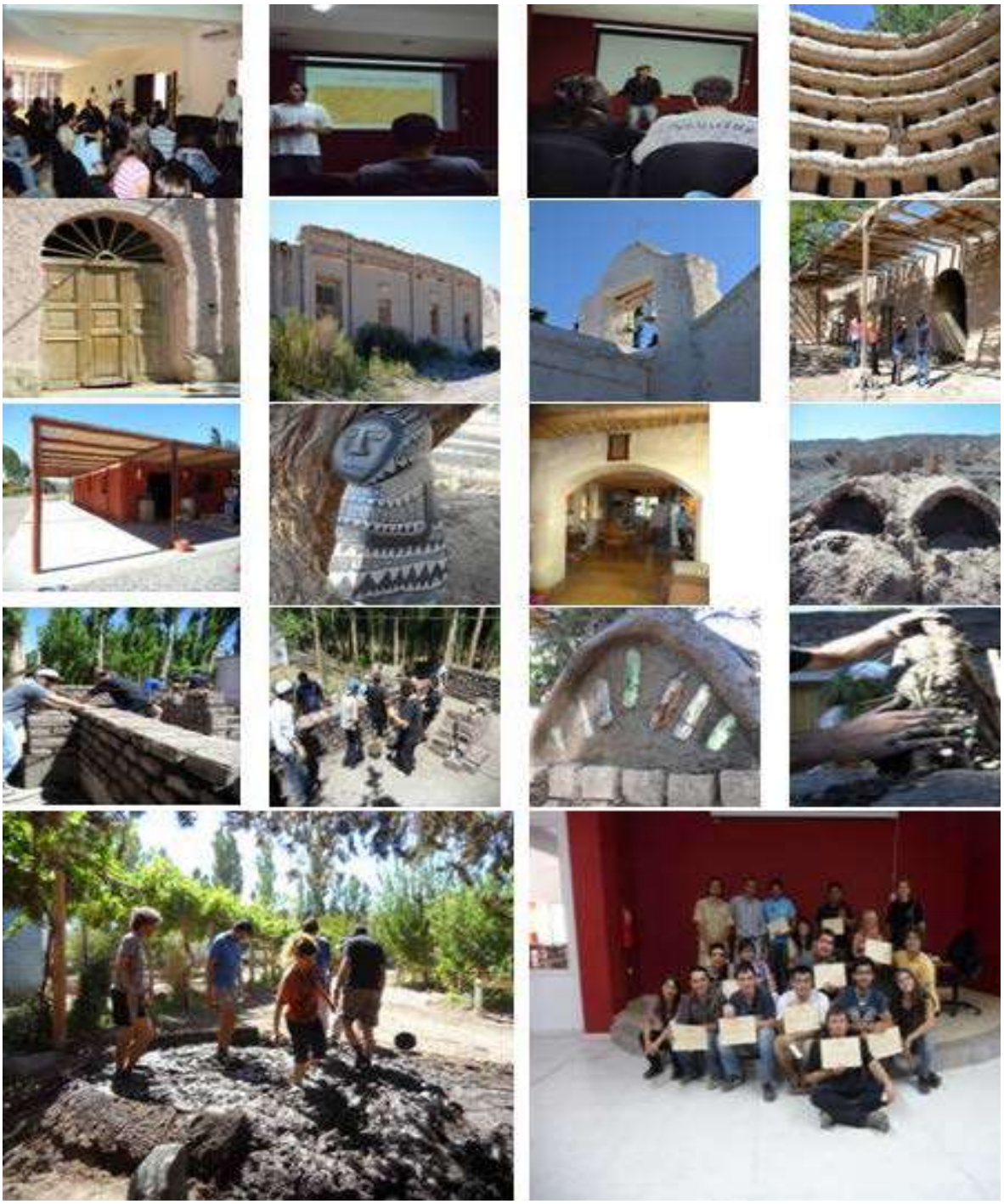


Figura 5. Imágenes del Curso Taller: Intervención de arquitectura de tierra. Jornadas Taller.

REFLEXIONES

Existe una necesidad de unificar esfuerzos desde los sectores público, privado y comunitario para abordar problemas del ámbito estatal, de disponer de un marco de acción que promueva el debate y la reflexión sobre cuestiones de interés colectivo en el campo de las políticas culturales y de la gestión cultural.

Restaurar y construir con tierra tiene amplias posibilidades de efectivizarse, en estos departamentos, siempre en que las actividades programadas se contemplen, la asociación entre administración, comunidad, especialistas y organizaciones no gubernamentales.

Los pobladores tienen el saber empírico, y con pocos recursos económicos se pueden

restaurar las construcciones de valor patrimonial, los alumnos tienen una falencia en la práctica de restaurar y de construir con tierra. Todos juntos pueden lograr que el patrimonio sea un elemento articulador para el desarrollo local.

Este año está previsto realizar tres módulos (teórico y visitas, restauración de edificios patrimoniales y construcción con tierra) a través de nuevos proyectos de extensión, un voluntariado y la integración de las cátedras correspondientes

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chiappero, Rubén; Supisiche, María Clara (2003). Arquitectura en tierra cruda: *Breves consideraciones sobre la conservación y construcción* Tema: Arquitectura- Construcción- Instalaciones. Editorial Nobuko

Notas

[1] Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural La Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en su 17a, reunión celebrada en París del 17 de octubre al 21 de noviembre de 1972.

[2] Olaia Fontal Merillas la educación artística como educación patrimonial (EACEP). Claves para definir un enfoque contemporáneo en la enseñanza del arte. Claves teóricas de un modelo: la educación artística como educación patrimonial (EACEP.) Universidad de Valladolid

[3] Carta del Patrimonio Vernáculo Construido (1999) Ratificada por la 12ª Asamblea General en México, en octubre de 1999. Consejo Internacional de Monumentos y Sitios ICOMOS

[4] Declaración de México de 1975 apartado 24

[5] Carta del Patrimonio Vernáculo Construido (1999) Introducción. Líneas de Acción 1.Investigación y documentación 2. Asentamientos y paisaje 3. Sistemas tradicionales de construcción 4. Sustitución de partes o elementos 5. Adaptación 7. Educación y difusión 6. Cambios y periodo de intervención

[6] Comité Español del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios

[7] Cesare Brandi (1906-1988) www.antoniosanchezbarriga.com. Las llamadas **cartas del Restauro** están editadas en las diferentes ciudades donde se realizaron las reuniones de los países miembros de las organizaciones afines al mundo de la conservación y restauración. De ellas emanaron las llamadas cartas, como la Carta de Atenas (1931), Venecia (1964), París (1972), Roma (1972) ó Copenhague (1984), y la más reciente Cracovia. En ellas los técnicos establecieron algunas recomendaciones básicas para que las intervenciones en materia de conservación y restauración sean apropiadas. La Carta más importante, y la que inició la base teórica de donde emanan las demás, es la Carta de Roma de 1972. En ella se detallan artículos para evaluar y definir el criterio que debe ser aplicado, con sentido crítico para no perder la escancia de la obra

[8] Declaración de Ámsterdam del 21al 25 de octubre, 1975. Debates y conclusiones y recomendaciones Apartado N° 6 La conservación integrada requiere una promoción de los métodos, técnicas y competencias profesionales vinculadas a la restauración y a la rehabilitación

[9] Recomendación (86)15 y (89)6. Materiales y Técnicas tradicionales. Recomendación relativa a la promoción de los Oficios Artesanales que intervienen en la conservación del Patrimonio Arquitectónico, adoptada en el año 1986, dedica un apartado a la importancia de la elección de los materiales por parte de los artesanos para realizar su trabajo de restauración, exponiendo que los artesanos encargados de utilizar estos materiales deben mantenerse bien informados sobre la naturaleza, y características.

[10] En 1989, Comité de Ministros adoptó la “Recomendación relativa a la protección y puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico Rural”.

[11] Proyectos: Preservación y Sostenibilidad del Patrimonio Cultural en el Corredor Bioceánico - Tramo San Juan. Director: Luis Orellano Codirectora Arq. Plana María Rosa. IRPHa. Subsidiado por CICYTCA. Fecha: 2011 – 2013. Resolución: N° 037/ 11 C-S. Código 21/ A 842.

“Estrategias morfológicas y tecnológicas de diseño sismo resistente para construcción y restauración de edificios de tierra” Director Juan Arturo Pereyra.IRPHa. Subsidiado por CICYTCA. Fecha: 2011 – 2013. Resolución: N° 037/ 11 C-S.

[12] Proyecto "Transferencia de tecnologías de restauración de edificios patrimoniales para pobladores del departamento iglesia". 2009-2010. Director Juan Arturo Pereyra. Codirectora. Plana María Rosa Resolución 6688/ 09. Convocatoria 2008-2010. Junio 2009

[13] Asignatura Electiva "Arquitectura de Tierra Carrera Arquitectura, Profesor titular Juan Arturo Pereyra.

[14] Asignatura Electiva "Protección del patrimonio arquitectónico y Urbano. Patrimonio Turismo – Ambiente" Carrera Arquitectura. Equipo de cátedra, Arquitectos Plana María Rosa, Orellano Luis, Márquez Estela.

[15] "Capacitación para pobladores de zonas rurales en los procesos de restauración de edificios construidos en tierra, con valor patrimonial". Director Juan Arturo Pereyra. Codirectora Plana María Rosa

[16] Proyecto "Intervención de edificios patrimoniales para uso comunitario y/o turístico, a través de la formación y capacitación de un equipo técnico en el departamento Iglesia, San Juan". Directora Plana María Rosa. Convocatoria 2011-2012.

[17] Proyecto: Planificación de proyectos culturales para la puesta en valor del patrimonio del departamento Iglesia**.** Subsidio: CICYTCA-UNSJ- Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat. FAUD. 01- 01 del 2008 a 31-12 -2010. Código: 21/ A 829.

[18] Plan Estratégico para el desarrollo productivo y sustentable de la Reserva de Biósfera de San Guillermo. Iglesia San Juan. 2011 Plana María Rosa Pereyra Arturo consultores en Patrimonio Rural y tecnologías apropiadas

Currículos

María Rosa Plana, Arquitecta, Doctor of Science, Major in Arquitecture. Atlantic Internacional Universit. Hawaii. Master en Conservación, del Patrimonio Edificado. CICOP. Argentina. Investigador Docente Extensionista de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. Delegada en San Juan, Comisión Nacional de Museos de Monumentos y Lugares Históricos, de la Nación.

Juan Arturo Pereyra, Arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, Profesor adjunto a cargo en las cátedras de Construcción con Tierra, Diseño Bioclimático e Instalaciones II, Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat en la temática tecnologías apropiadas para zonas áridas.

DINÁMICAS SOCIALES EN EL USO DE ARQUITECTURA VERNÁCULA PARA LA CREACIÓN DEL ENTORNO CONSTRUIDO CONTEMPORÁNEO

Natalia Rey Cuéllar

Oxford, Reino Unido
nataliareyc@gmail.com

Palabras claves: Arquitectura vernácula; dinámicas sociales; conocimiento tradicional.

Resumen

La creación del entorno construido contemporáneo supone un panorama complejo que exige la superación de problemáticas más allá de la estética. En la arquitectura vernácula, donde se inscriben las arquitecturas en tierra, se ha identificado un potencial para dar respuesta a estas problemáticas desde su carácter sostenible. Pero, los estudios en este campo presentan un vacío en la exploración de las dinámicas sociales que emergen en la práctica, ya que su enfoque ha estado principalmente relacionado con temas ambientales y con los beneficios del objeto construido entorno a sus capacidades físicas.

Según el contexto anterior, esta investigación tuvo como objetivo principal el estudio de un saber constructivo dentro de la arquitectura vernácula, situando en el centro del análisis a las personas que participan de su uso y producción. Se toma como caso de estudio las Bóvedas Mexicanas, una técnica cuyo proceso sugiere beneficios económicos para los albañiles que la trabajan, y que converge en una mejor calidad de vida. Adicionalmente se identifican otros dos casos: uno que propone alternativas de empleo y desarrollo de nuevas habilidades prácticas a una comunidad de jóvenes campesinos, y otro que apoya el empoderamiento de la mujer y representa una alternativa en la adquisición de vivienda; son estos la Escuela Taller de Teitipac y el proyecto Mujeres de Adobe. En los tres casos el uso de la tierra, las técnicas mixtas y los saberes locales conforman el eje central. La investigación concluye que la arquitectura vernácula ofrece diversas respuestas de desarrollo social y humano, pero es necesario analizar más a fondo estos aspectos y definir su impacto en la práctica.

Esta ponencia pretende demostrar la relevancia que tiene hoy en día el estudio de las dinámicas sociales dentro del uso de la arquitectura vernácula, y presenta un conjunto de recomendaciones prácticas para los profesionales que impulsan el uso de estas técnicas.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre arquitectura vernácula, donde se inscriben las arquitecturas en tierra y los saberes transmitidos de generación en generación, fruto del entendimiento de las realidades locales, han tomado particular relevancia frente a los retos y problemáticas del actual entorno construido. Su importancia se debe a que las construcciones que esta área estudia se asocian con el uso de materiales locales, tecnologías pasivas y un carácter regional o local, lo que resalta sus posibilidades de ser trabajadas en comunidad y, por estar basadas en técnicas tradicionales antiguas, de representar saberes ya probados en el tiempo. Lo anterior, convierte a la arquitectura vernácula en una alternativa a las actuales formas de construcción que están asociadas a un excesivo consumo energético, contaminación, y desperdicio de recursos. En otras palabras, ésta se ha identificado como un depósito de conocimiento tradicional de gran valor para promover un desarrollo sostenible en el actual entorno construido.

Sin embargo, en relación con los temas de sostenibilidad y del actual entorno construido, los estudios académicos sobre arquitectura vernácula reciben críticas particularmente en relación con la forma en la que se conceptualiza y representa este tipo de arquitectura. Autores como Marcel Vellinga (2005; 2012; 2013) y Howard Davis (2012) han coincidido en decir que se ha marginalizado y restado validez a los aportes prácticos de la arquitectura vernácula dentro del entorno construido contemporáneo, ya que, como Vellinga (2013) manifiesta[1], en estos estudios muchas veces se pasa por alto la complejidad, pluralidad y

dinamismo de la arquitectura vernácula y del concepto de sostenibilidad, cayendo comúnmente en representaciones reduccionistas, esencialistas y románticas. Por ejemplo, varios estudios se basan en un caso en particular, dando conclusiones generales o admitiendo que al ser un conocimiento tradicional, toda enseñanza que éste trae es positiva. Se asume, de forma esencialista, que lo se transmite de generación en generación tiene ya en sí mismo un valor positivo intrínseco, sin hacer un análisis más profundo que incluya otros aspectos como los sociales y económicos, por ejemplo. Por su parte, Davis (2012) resalta que estos estudios han fortalecido unas dicotomías innecesarias entre tradicional y moderno, olvidando que los dos tipos de arquitectura coexisten en la práctica. Los dos autores hacen un llamado a continuar estos estudios pero desde una visión más holística y crítica que apoye las acciones que promueven el uso de la arquitectura vernácula hoy en día.

¿Cómo una investigación puede incluirse en esta debate y aportar evidencia de la participación de la arquitectura vernácula en el desarrollo sostenible?

Al estudiar el estado del arte, se puede identificar que el trabajo académico y práctico alrededor de la arquitectura vernácula ha fortalecido, en gran medida, nuestro entendimiento sobre este tipo de arquitecturas. Se ha dado un gran énfasis a la relevancia de los objetos construidos, a sus formas, técnicas, materiales y edificios, y a cómo en ellos se pueden encontrar respuestas de sostenibilidad ambiental. Adicionalmente, se encuentra que el concepto de arquitectura vernácula ha hecho referencia al valor de la gente y su papel dentro de la producción de construcciones. Paul Oliver (1997) la define como una arquitectura compuesta por las construcciones y edificios de la gente, o como la arquitectura *de* y *por* la gente, no sólo la diseñada *para* la gente (1993). También Rudofsky (1964) se refiere a ella como la arquitectura producto de una espontánea y continua actividad de toda la gente que actúa bajo una experiencia en común. Pero, paradójicamente, muy pocos estudios analizan a profundidad al ser humano como agente activo y determinante de estas arquitecturas. Una muestra es que de 175 artículos analizados por Vellinga (2013), solo dos tratan estos temas. Así, es en este vacío donde esta investigación se sitúa, y propone participar en el anterior debate, desde el entendimiento de lo que sucede con los actores que dan vida a la arquitectura vernácula hoy.

2. PROPUESTA

Esta investigación propone el análisis de un caso actual en el que se use una técnica de construcción vernácula, teniendo como centro de estudio a las personas en relación con esta técnica. En específico, la investigación quiere identificar cuáles y cómo son las dinámicas sociales que surgen allí.

2.1 Marco teórico

Del objeto al sujeto

El modelo de desarrollo participativo ha puesto al ser humano en el centro de procesos de desarrollo. Éste busca tener en cuenta a las personas durante la identificación del problema, la formulación de las políticas y la implementación del proyecto. Chambers (1997) justifica la importancia de poner al ser humano en el centro de estos procesos, exaltando el valor que resulta de un cambio de paradigma, ya que desde este cambio, nuestra percepción sobre un proceso puede cambiar por completo, y por lo tanto, las soluciones a las que se llegan. La Tabla 1 muestra un ejemplo de esto.

En tal sentido, ésta investigación no propone implementar modelos participativos sino, un análisis desde un cambio de paradigma donde lo que interesa son las *personas* y no el estudio de los *objetos*. Se invita a los arquitectos y promotores de arquitectura vernácula a girar la atención que constantemente está sobre los edificios que se diseñan, construyen o estudian, hacía quienes construyen, producen, y habitan.

Tabla 1. Dos paradigmas: desde cosas y personas[2]

PUNTO DE PARTIDA Y REFERENCIA	*COSAS*	*PERSONAS*
Medio	Planos arquitectónicos	Procesos
Palabra clave	Planeación	Participación
Metas	Preconcebidas, cerradas	Evolutivas, abiertas
Toma de decisiones	Centralizada	Descentralizada
Supuestos analíticos	Reduccionista	Sistemas, holísticos
Métodos, reglas	Estandarizados, universales	Diversos, locales
Tecnologías	Un paquete fijo	Una amplia variedad
Interacción de profesionales con la gente local	Instructiva, "motivando"	Facilitando, empoderando
Gente local vista como	Beneficiarios	Socios, actores
Flujo de trabajo	Promoviendo la oferta	Atendiendo a la demanda
Resultados	Uniformes. Infraestructura	Diversos. Capacidades
Planeación y acción	De arriba hacia abajo	De abajo hacia arriba

Arquitectura vernácula como conocimiento

Para lo planteado anteriormente, esta investigación parte de entender el concepto de arquitectura vernácula como conocimiento. Paul Oliver (1982), propone que el entendimiento de 'lo vernáculo' como *conocimiento* o *saber hacer,* permite descubrir su naturaleza en relación con quienes lo producen. Así la arquitectura es la manifestación continua de estos saberes en manos de la gente. De esta forma, la premisa es entender al ser humano como agente activo que materializa y le da vida a estos saberes a través de las construcciones.

2.2 Metodología

La investigación toma como punto de partida un saber tradicional para la construcción de cubiertas, utilizado desde la mitad del siglo XIX en México, conocido como *Bóvedas Mexicanas*[3]; en éstas se utiliza ladrillo de forma recargada, lo cual hace que no se necesite cimbra (formaleta). Arquitectos como Ramón Aguirre y Alfonso Ramírez, la han identificado como una forma rápida y económica de cubrir un espacio ya que son estructuras más ligeras que los techos planos convencionales. Hoy en día se utilizan ladrillos cocidos, o de tierra cruda, para su construcción.

Bajo una estrategia de investigación cualitativa, los métodos usados para la recolección de información primaria, fueron entrevistas semi-estructuradas, cuestionarios, observación y métodos participativos a través de fotografía y dibujos. El marco de esta estrategia se basa en la exploración de la percepción y valores detrás del uso de este saber, la experiencia actual, y la visión hacía el futuro, por parte de un grupo de alrededor de 50 personas que están directamente relacionadas con éste; entre ellos usuarios, artesanos, arquitectos o estudiantes. Se recurrió también a fuentes secundarias para entender el actual contexto social, económico y político del país, otros saberes de construcción vernácula mexicana, y regulaciones de construcción y desarrollo urbano.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante Junio y Julio de 2012, inicialmente en la región del Bajío, donde este saber tiene sus raíces y mayor uso, y donde se encuentran gran parte de los artesanos especializados, los llamados Bovederos[4]. Allí se visitó el pueblo de Tequisquiapan y la ciudad de Lagos de Moreno, por ser estos los posibles lugares de origen de la técnica según Ramírez Ponce (2003). Adicionalmente en San Miguel de Allende, Guanajuato y Querétaro, ciudades también de la región del Bajío donde las bóvedas tienen un uso relevante. Se visitó la Ciudad de México, donde el uso de la técnica se hace presente en un contexto más complejo de urbanización, y la región de Oaxaca, donde este saber no es común, pero donde en los últimos años el arquitecto Ramón Aguirre ha adelantado un trabajo significativo en el uso, adaptación y enseñanza de la técnica.

2.3 Resultados

2.3.1 Un conocimiento tradicional puesto en práctica

Los resultados se organizan a partir de cinco aspectos generales: 1) los procesos de *transmisión* de este saber tradicional de construcción, donde se identifican las personas, sus roles y participación, y la forma en la que éste ha sido pasado de generación en generación, 2) las *motivaciones* que impulsan a las personas a relacionarse con este conocimiento, 3) los *beneficios* que les representa al hacerlo, 4) los *procesos* que se generan partir del uso de este conocimiento y 5) el *uso* que se da en práctica.

a. Transmisión

Se identifican seis procesos comunes de transmisión del conocimiento que se dan naturalmente o que son promovidos por actores externos (figura 1).

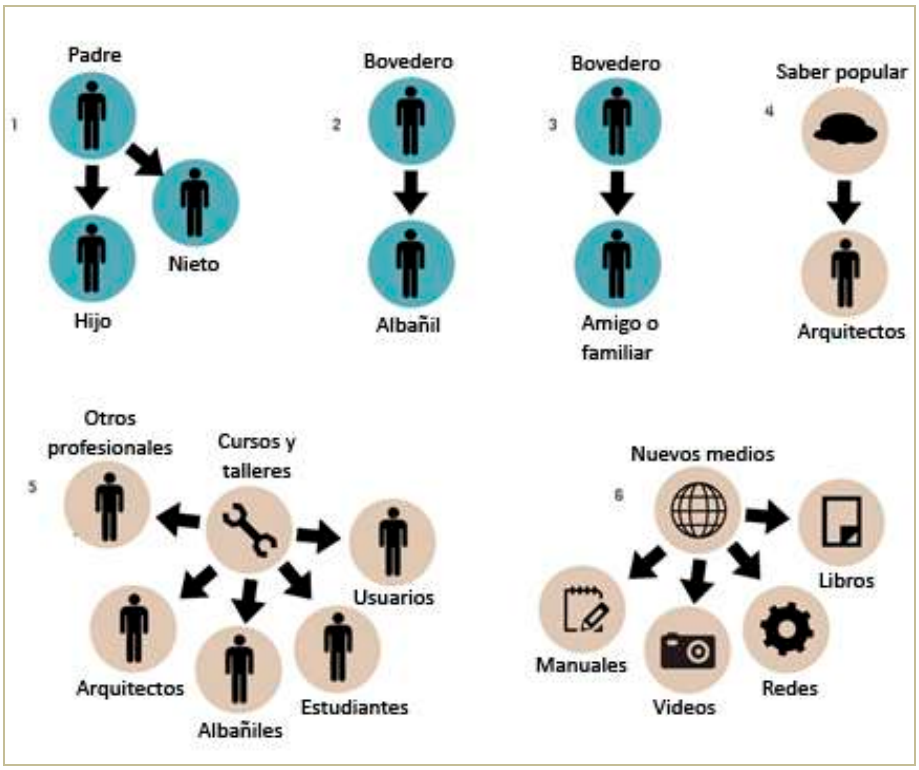


Figura 1. Procesos de transmisión de conocimiento de las bóvedas Mexicanas, 2012

Los procesos de forma natural ocurren principalmente en relación con el bovedero. En el primer proceso el saber es transmitido de padre a hijo y/o nieto, ya sea para continuar un oficio familiar o porque los hijos desde muy jóvenes acompañan a sus padres a sus sitios de trabajo, lo cual influye en su decisión al escoger una profesión. En el segundo, el bovedero le enseña a otro albañil interesado en la técnica, ya que comúnmente para aquellos trabajadores que saben construir en ladrillo, aprender a hacer bóvedas resulta muy fácil y rápido pues están familiarizados con el material y con procesos constructivos similares. En el tercero, el bovedero le enseña a sus familiares o amigos, algunas veces porque buscan conformar un equipo, otras veces porque trabajar en ese oficio les representa mayores ingresos económicos, y entrenar a sus personas cercanas les significa una forma de ayudarlos.

Los procesos promovidos por actores externos han enriquecido el entendimiento de este saber, a cargo de arquitectos, académicos, estudiantes y constructores principalmente. En el primero, algunos de ellos usan la técnica para incluirla en sus diseños, promoviendo su valor estético, económico, ambiental y cultural, y ayudando al entrenamiento de nuevos bovederos. El segundo se da a través de talleres y cursos a nivel nacional e internacional. El tercero, a través del uso de nuevos medios, usando libros, manuales de procedimiento,

videos en internet y redes sociales, los cuales muestran el paso a paso de la técnica, volviendo este conocimiento bastante accesible.

b. Motivaciones

Las motivaciones de quienes utilizan el *saber hacer* las bóvedas, se analizan a partir de cuatro grupos de participantes. Los resultados sugieren que para los bovederos, la motivación está más conectada al proceso de producción de las bóvedas, mientras que para usuarios, arquitectos y académicos, y estudiantes, su motivación está ligada más al objeto en sí mismo.

Para los bovederos, la motivación principal es el ingreso económico, pues construir bóvedas es un oficio especializado por el cual se cobra más dinero. También, pasar de albañil a bovedero es un paso significativo en su carrera, por el cual reciben reconocimiento en los entornos sociales y familiares. Además, este saber les permite participar de los proyectos activamente construyendo y diseñando, usando su experticia para crear nuevas formas y así desarrollan una herramienta para ofrecer mejores productos a sus clientes. Adicionalmente, para los jóvenes el hecho de ser llamados a hacer trabajos en otras ciudades es un factor importante porque les da la posibilidad de viajar.

Para los usuarios, la principal motivación al escoger una bóveda es su aspecto estético, quieren algo que les guste para sus proyectos ya que en ellos depositan una buena cantidad de dinero y esfuerzo. A los arquitectos y académicos les motiva la conservación y promoción de este saber; la posibilidad de encontrar soluciones de vivienda debido a los bajos costos; el menor uso de materiales como concreto y acero; y la facilidad para construir bóvedas, lo cual representa una solución que puede ofrecer resultados a gran escala. Finalmente, la motivación de los estudiantes es aprender nuevas alternativas en arquitectura ya que, según manifiestan, durante sus estudios es difícil desarrollar sus intereses en materiales naturales o arquitectura tradicional como solución para contextos contemporáneos.

c. Beneficios

Los beneficios de este saber tradicional son diversos y además se perciben tanto en el objeto construido –las bóvedas-, como en los procesos que se generan al ponerlo en práctica.

La diversidad de beneficios incluye, entre otros, factores estéticos, económicos, técnicos, intelectuales, ambientales, culturales y de bienestar, siendo los más reconocidos aquellos aspectos técnicos como la construcción sencilla, la eficiencia en el uso de materiales y herramientas, el hecho de que no requiera acabados finales interiores y que la técnica en si misma pueda competir con técnicas más modernas por su eficiencia y costo. Adicionalmente, se identifican beneficios relacionados con el *proceso* de construir las bóvedas como la facilidad de aprendizaje y trasmisión del conocimiento, recibir un mejor pago, y la rápida construcción. Eses beneficios estan organizados en la tabla 2.

d. Procesos

Algunos procesos se basan en una relación directa entre el usuario y bovedero, cuando el cliente ya ha definido lo que quiere o conoce al bovedero. Estos procesos ocurren de forma más cotidiana en la región del Bajío y son los que menor costo tienen para el usuario. Otros ocurren en esta misma región, pero en estos participan arquitectos, quienes normalmente incluyen las bóvedas como parte de un proyecto más grande, y aunque el costo del proyecto aumenta, normalmente el costo de la bóveda es menor que el costo de una cubierta plana. Por último, estos procesos pueden ocurrir fuera de la región donde usualmente se requiere que el bovedero experto se desplace hasta el lugar. En este caso el costo de una bóveda puede aumentar debido a los desplazamientos del trabajador y del arquitecto, así que nuevos obreros empiezan a consolidarse fuera de la región, lo cual beneficia al aprendizaje de más realizadores y el costo del producto, pero a la par afecta el mercado laboral que existe en El Bajío.

Tabla 2. Beneficios de usar bóvedas mexicanas identificados por la gente

Usuarios	Bovederos y Albañiles	Arquitectos y Académicos	Estudiantes
Rápida construcción	Rápida construcción	Rápida construcción	Rápida construcción
Simplicidad	Fácil de hacer	Uso eficaz de materiales	Eficiente
	No necesita acabado interior	No necesita acabado interior	Alternativa
		Compite frente a técnicas modernas	
Ambientalmente amigable		Ambientalmente sostenible	Ambientalmente sostenible
		Uso de recursos locales	Uso de recursos locales
		Bajo impacto ambiental	Bajo impacto ambiental
Belleza	Belleza	Gran calidad y belleza	Gran calidad y belleza
Imagen diferente	Es algo distinto		
Economía	Mejor salario	Economía	Economía
Calidad espacial	Calidad espacial	Calidad espacial	Calidad espacial
Térmicas		Térmicas	
	Fácil de aprender	Fácil de transmitir	Fácil de aprender
			Conocimiento comprobado empíricamente
		Conserva las tradiciones	Conserva las tradiciones

e. Uso

En México, el tener el conocimiento para construir estas bóvedas ha permitido una amplia variedad de usos que incluye procesos de autoconstrucción, de uso público y también de uso privado. En la región de El Bajío se encuentran desde bóvedas simples que se usan sobre cuatro columnas para cubrir un espacio rápidamente, hasta en mercados, iglesias, tiendas, restaurantes y cementerios como en Tequisquiapan.

También, en casas ubicadas en lugares densos e inclinados como en Guanajuato (con una morfología muy típica de ciudades Latinoamericanas), y en edificios de gobierno y bibliotecas públicas como en Lagos de Moreno. En su mayoría se usa en proyectos individuales, pero se ha usado a gran escala como en el proyecto de 200 casas de interés social diseñado por el arquitecto Ramón Aguirre. Además, las formas han evolucionado y hoy se encuentran estructuras complejas que interpretan las bóvedas desde los principios de las estructuras de membranas, como es el caso de las diseñadas por Ramón Aguirre o Alfonso Ramírez (figura 2).

El uso más amplio que se le da es en proyectos de vivienda, por lo que hoy México cuenta con un especial y amplio repertorio de casas en las que se usa esta técnica, lo cual puede representar un campo de estudio y análisis en un área tan prioritaria como la vivienda dentro del actual entorno construido.

Figura 2. Diversidad de usos: Casas en Guanajuato, Edificio publico en Lagos de Moreno, vivienda en Mexico DF, Capilla en Oaxaca y Cementerio en Tequisquiapan.

2.3.2 Identificación de otros dos casos

Durante el trabajo de campo se encontraron dos casos que enriquecen el planteamiento de esta investigación. El primero es el caso de la Escuela Taller de Restauración Oaxaca, en San Juan Teitipac, proyecto sociocultural fruto de un convenio entre instituciones culturales mexicanas y AECID, cuyo objetivo es capacitar a jóvenes que no han tenido acceso a la educación académica, en la aplicación de técnicas antiguas y modernas de construcción, dándoles así, la oportunidad de insertarse en el mercado laboral. En las entrevistas, los jóvenes valoraron el hecho de que esta educación sea gratis y por lo tanto accesible, que es una alternativa a sus labores en el campo, y que desarrollan herramientas que les permiten acceder a mejores trabajos cuando se desplazan a las ciudades.

El otro caso es el de Mujeres de Adobe, un proyecto conformado por arquitectos y un grupo de mujeres en San Juan de Mixtepec, para construir sus casas con adobe. Una de las mujeres entrevistadas valoraba este proyecto por darles una solución de vivienda a las madres solteras, y también una participación más activa en un grupo social donde las mujeres no tienen mayor representación social ni política. Ellas deben remplazar la labor del gran número de hombres que migran y al mismo tiempo continuar con sus labores de esposas y madres, pero carecen de autonomía económica ya que mayormente viven de las remesas de sus familiares. Para estas mujeres, el valor de hacer sus casas no se debe al comportamiento técnico de los muros, o el grado de sostenibilidad, sino al empoderamiento y autonomía que estas casas les representa.

2.4 Discusión

Más allá de los aspectos físicos

Al promover el carácter sostenible de la arquitectura vernácula, los estudios se han enfocado principalmente en el análisis de los objetos construidos, produciendo información detallada sobre sus formas, técnicas, propiedades físicas y materiales. Sin embargo, el estudio del actual entorno construido en el cual la sostenibilidad tiene su relevancia, carece de un análisis más completo donde se entienda mejor su problemática, la cual incluye aspectos como la falta de títulos de tierra, falta de acceso apropiado al suministro de agua y saneamiento, y la consolidación de áreas de vivienda de bajos recursos donde hoy viven alrededor de 1 billón de personas[4], entre otros. Hamdi (2011) mencionaba que si la arquitectura contribuye a un desarrollo sostenible, entonces el valor de los proyectos y programas debe ser medido desde su habilidad para generar ingresos y empleo, para prevenir degradación ambiental, para mejorar la salud y construir toda clase de bienes tangibles e intangibles, incluyendo sociales, políticos, físicos y financieros.

Al tener como centro de estudio a quienes participan directamente, la investigación encontraba que el uso del saber tradicional de las bóvedas mexicanas representa una fuente de mejores ingresos para los bovederos, quienes por esto se motivan a usarla. La vigencia y continuidad de esta tradición se mantiene, en gran parte, porque son ellos quienes ponen en práctica este conocimiento a diario y encuentran en éste saber beneficios en su calidad de vida y el cumplimiento de sus necesidades e intereses. Además, casos como Teitipac, que apoya la inclusión de jóvenes en el mercado laboral a través de capacitación, y el caso de Mujeres de Adobe, donde empoderamiento, autonomía y representación, son valores que ellas perciben al hacer sus propias casas, son muestra de que los productos intangibles del uso de la arquitectura vernácula hoy en día proponen algunas ideas de desarrollo social y económico haciendo parte también de la agenda de sostenibilidad. Esto permite reflexionar que a nivel local ya hay procesos ligados a los saberes tradicionales que están produciendo un beneficio y que pueden ser consolidados; cómo fortalecer esos procesos requiere una exploración más a fondo y el desarrollo de metodologías.

Más allá del tema ambiental

Desde los últimos quince años, gran parte de los estudios en arquitectura vernácula se han enfocado en evaluar de qué forma estas tradiciones son ambientalmente sostenibles, determinando el comportamiento térmico de técnicas en particular, o analizando cómo la disposición, forma y materiales se relacionan a las condiciones climáticas y geográficas. Con nuevos métodos de investigación como mediciones detalladas, monitoreo y medidas de calidad ambiental, las recientes investigaciones han ido más allá del enfoque que estudios anteriores tenían, se ha enriquecido ampliamente nuestro entendimiento sobre las tradiciones vernáculas y cómo estas se comportan a nivel ambiental (Vellinga, 2013).

Sin embargo, en la práctica se identifican principalmente otros beneficios que no están exclusivamente ligados con los aspectos ambientales. En el caso de las bóvedas, sólo a nivel de uso se puede ver que la diversidad que promueve este saber tradicional es bastante amplia, resolviendo necesidades de vivienda autoconstruida, como también edificios públicos de gran escala. Además, como se vio anteriormente, la puesta en práctica de estos saberes tradicionales influye en aspectos como educación, empleo, y empoderamiento, los cuales pueden promover también una sostenibilidad social.

Tener en cuenta las percepciones, beneficios, motivaciones y usos que las personas identifican en la arquitectura vernácula, ayuda a consolidar una diversidad de respuestas de la cual estas arquitecturas están constituidas. Diversidad en términos de cultura, materiales, procesos, y actores, inicialmente. Este aspecto es relevante precisamente frente al tema de sostenibilidad, ya que, como subraya Milton (1996), “mientras se aboga que ‘todas las sociedades deben volverse sostenibles’, algunos ambientalistas argumentan que lo que el mundo necesita es una ‘variedad de sociedades sostenibles’, las cuales se formen desde caminos diferentes”. Su argumento se basa en la idea de que la supervivencia de una especie depende de la diversidad, ya que al promover un único modelo, se disminuye la variedad de respuestas posibles con las cuales afrontar diversos problemas, entonces a menor diversidad, mayor es el riesgo de fallar. Respecto a la arquitectura vernácula se podría decir que diferentes formas de entender e interactuar con estos saberes, proveen diferentes posibilidades para el futuro, y si el interés con el modelo de sostenibilidad es proteger la supervivencia a largo plazo del planeta, un buen punto de partida es proteger la diversidad cultural como un recurso importante y valioso.

La gente en el centro

Repensar el proceso de diseño y planificación en sí mismo puede desbloquear todos los recursos que necesitamos para hacer frente a los desafíos que enfrentamos hoy en día, poniendo a los arquitectos en una relación muy diferente a las personas, a las cosas, a los lugares y el medio ambiente. (Hamdi, 2011). La dimensión individual, las dinámicas sociales y el análisis del ser humano como agente activo y participativo, representan una complejidad y diversidad no siempre fácil de tratar, y de la cual ciertamente se requieren metodologías

para ser estudiadas. En el caso de la arquitectura vernácula, esto no ha sido un sujeto de amplio estudio. Sin embargo, como se ve en la tabla que propone Chambers (1997), situar a la gente en el centro de los estudios, puede cambiar nuestra comprensión y mejorar el entendimiento de las acciones que la arquitectura vernácula pretende promover para la construcción de un entorno sostenible. Por ejemplo, la investigación deja ver que la transmisión, el uso y el materializar este saber tradicional, son procesos que se dan en la práctica, en el día a día y está generado por los bovederos, usuarios, arquitectos, estudiantes, etc., quienes actúan según sus motivaciones, atendiendo sus necesidades e intereses propios.

Marchand (2001) invita a mover la disciplina hacia un nuevo nivel de comprensión, hacia el entendimiento del entorno construido desde los *procesos*, para estudiar la arquitectura y el espacio urbano culturalmente, en su desarrollo y su técnica, localizando ese entendimiento en los *agentes* que la producen. El modelo que propone Frediani (2008) sirve para ilustrar esto pues en él los procesos locales que se producen en un proyecto son explorados como mecanismos para fortalecer las capacidades de las personas para alcanzar sus aspiraciones. Por ejemplo, al analizar un proyecto de mejoramiento de vivienda, encontraba que la gente tenía aspiraciones como poder mantener las relaciones sociales ya establecidas entre los vecinos. Así, cuando se evaluó el impacto basado en estos valores, revelando lo que la casa *hace*, en lugar de solamente lo que la casa *es*, identificando precisamente los procesos y las dinámicas sociales que surgen por la acción de las personas, encontraba que el valor de un proyecto de mejoramiento no estaba ligado exclusivamente a renovar las paredes de la casa, sino en garantizar que las dinámicas entre los vecinos se mantuvieran vivas.

3. CONCLUSIONES

En ese punto en el que los estudios de la arquitectura vernácula quieren promover su carácter sostenible, es necesario desarrollar un entendimiento más profundo sobre la complejidad y dinamismo del actual entorno construido[5] y de los actores que participan de forma activa en su creación. Para empezar, una exploración más amplia acerca de otros factores más allá del diseño o de la producción de objetos, puede dar pistas a estos estudios para facilitar respuestas más integrales de desarrollo. Por ejemplo, midiendo el valor de sus proyectos y programas desde su habilidad para generar ingresos, para promover un empoderamiento dentro de un grupo de mujeres, o para facilitar el acceso al mercado laboral. Además, la diversidad cultural que estas arquitecturas representan, la convierten en un recurso valioso dentro del actual entorno construido que no necesariamente debe encaminarse a promover un sólo modelo de sostenibilidad. Una variedad de sociedades sostenibles se construyen a partir de diferentes caminos, que en el caso de la arquitectura vernácula, se pueden cimentar también desde factores sociales, culturales y económicos, no sólo ambientales. Finalmente, situar a la gente en el centro de los estudios, puede mejorar nuestra comprensión sobre el potencial de acción de estas arquitecturas en el actual entorno construido. El entendimiento de los actores, las dinámicas sociales, los procesos que se generan entre ellos y los saberes de construcción tradicional, son un campo rico de estudio que pueden convertirse en una poderosa herramienta de acción, aunque ciertamente hoy es necesario desarrollar metodologías que pueden estar nutridas desde otros campos de estudio como antropología, ambientalismo y desarrollo.

Recomendaciones

Este estudio produjo una cantidad significativa de hallazgos que pueden ofrecer un conjunto de recomendaciones prácticas para quienes promueven hoy el uso de arquitectura vernácula.

1. Identificar y explorar formas de trabajo en conjunto con organizaciones que ya promueven beneficios sociales en los lugares donde se implementarán los proyectos. Por ejemplo, una organización de mujeres ya establecida, se pueden beneficiar

económicamente si se hace cargo de la producción del material que se necesita para la obra.

2. Promover métodos participativos aprendiendo de lo que ya se está trabajando en los estudios sobre desarrollo. (ej.: el trabajo de Robert Chambers o Nabeel Hamdi).
3. Fomentar la participación de albañiles en los cursos y entrenamientos, e incluir en estos un entendimiento más completo sobre aspectos de diseño, no sólo sobre una técnica aislada
4. Reducir la promoción de cursos excesivamente caros que hacen correr el riesgo de segregar el conocimiento, convirtiendo los saberes vernáculos en una mercancía exclusiva de acceso restringido.
5. Definir estrategias que puedan hacer de la arquitectura vernácula una fuente de mejores ingresos económicos para aquellos que producen el conocimiento vernáculo en su vida diaria, como los albañiles (figura 3).

Figura 3. Algunas de las personas que materializan estos conocimientos en la práctica

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chambers, R. (1997). *Whose reality counts? Putting the first last.* London: Intermediate Technology Publications.

Davis, H (2012). Inclusive urbanism vs. exclusive scholarship. *Contemporary vernaculars: places, processes and manifestations.* Gazimaguza: Easter Mediterranean University Press.

Frediani, A. (2008). *Planning for Freedoms: The Contribution of Sen´s Capability Approach to Development Practice*. Rugby: Practical Action.

Hamdi, N. (2011). *Architecture, Improvisation and the Energy of Place*. Royal Society of Arts (RSA). Disponible en: www.thersa.org/projects/design

Marchand, T. (2001). *Minaret Building and apprenticeship in Yemen*. Richmond: Curzon.

Milton, K. (1996). *Environmentalism and cultural theory: exploring the role of anthropology in environmental discourse.* London: Routledge

Oliver, P. (1993). The importance of the study of vernacular architecture *Built to meet needs.* Oxford: Elsevier, pp. 17-26

Oliver, P. (1997), *Encyclopaedia of Vernacular Architecture of the World*, Cambridge: Cambridge University Press

Oliver, P. (1982). Vernacular know-how. *Built to meet needs.* Oxford: Elsevier, pp.109-128

Ramírez, A. (2003). Arquitectura propia: cubiertas de ladrillo recargado. En: *Terracota,* 9, pp.2-6. Bogotá: ANFALIT

Rudofsky, B. (1964) *Architecture without Architects: a short introduction to non-pedigreed architecture.* London: Academy Editions

Vellinga, M. (2005). Anthropology and the challenges of sustainable architecture. *Anthropology Today,* 21 (3), pp. 3-7

Vellinga, M. (2012). New vernacular architecture. *Contemporary vernaculars: places, processes and manifestations.* Gazimaguza: Easter Mediterranean University Press.

Vellinga, M. (2013). The Noble Vernacular. *The Journal of Architecture.* En proceso de impresión.

Notas

(1) Vellinga presenta los resultados del análisis de 175 estudios, publicados desde 1996 hasta 2011, que forman parte del discurso sobre arquitectura vernácula y sus propiedades ambientales.
(2) Originalmente se encuentra en inglés en Chambers (1997) pg. 37. El autor anota que la tabla ha sido adaptada del trabajo de David Korten (1995) 'Sustainability and the global economy: beyond Bretton Woods', Forests, Trees and People Newsletter 29: 4-10, November.
(3) La técnica recibe otros nombres como: Bóvedas del Bajío, de ladrillo recostado, de cuña o de tabique. Estos dos últimos nombres son los mas comunes entre la gente en general, mientras que los primeros son mas utilizados por arquitectos y académicos.
(4) *Bovederos*, es el termino con el que se conoce a las personas especializadas en construir bóvedas
(5) Esta descripción de la problemática del actual entorno construido se puede encontrar mas complete en: Chant, S.; McIlwaine, C. (2009) *Geographies of development in the 21st Century: an introduction to the global south.* Cheltenham; Massachusetts: Edward Elgar Publishing.

Agradecimiento

El trabajo de campo de esta investigación fue posible gracias a la generosa colaboración del Arquitecto Ramón Aguirre Morales, cuyo trabajo y calidad humana son siempre motivo de reconocimiento y admiración. También, gracias a Melissa Valenzuela por su valioso apoyo durante la estadía en México y al soporte del Santander Student Project Award.

Currículo

Natalia Rey Cuellar. Arquitecta Colombiana de la Universidad de los Andes, y Máster en Regeneración Arquitectónica y Desarrollo de la Universidad de Oxford Brookes. Ha participado en proyectos de diseño e investigación en Colombia, Inglaterra, México y Rumania. Actualmente trabaja en el proyecto Paul Oliver Vernacular Architecture Library, en Oxford.

APORTES DE LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA CON TIERRA A LA MITIGACIÓN DE RIESGOS – FAU PUCP

Sofía Rodríguez-Larraín[1], Teresa Montoya[1], Julio Vargas-Neumann[2]

[1]Departamento de Arquitectura. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú,

Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima, Perú. (511) 6262000. srodriguezl@pucp.pe

[2]Departamento de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima, Perú. (511) 6262000. jhvargas@pucp.edu.pe

Palabras Clave: Arquitectura con tierra, mitigación de riesgo, enseñanza, responsabilidad social.

Resumen

En el Perú, el 40% de la población vive en casas de tierra. Este porcentaje asciende a 80% en el mundo rural. Sin embargo, la oferta para preparar profesionales interesados y capaces de atender esta demanda es escasa en el ámbito universitario, donde no está incluida sistemáticamente en los programas de enseñanza.

El inmenso patrimonio cultural peruano está construido en tierra y piedra. Los sitios patrimoniales declarados de interés nacional o de la humanidad, salvo algunas excepciones de construcciones de piedra sin mortero, de factura inca, están constituidos por estructuras en base a tierra.

En la actualidad existe una demanda cada vez mayor hacia la utilización de materiales sustentables, con poca huella ecológica, eco-eficientes. La arquitectura vernácula responde por su propia esencia a estos requerimientos, sin embargo la vida urbana contemporánea, la modernización de los modos de vida, la imagen de la modernidad y la cultura global, no encuentran respuestas satisfactorias en ella.

Es allí donde los nuevos arquitectos e ingenieros pueden presentar soluciones adecuadas que combinen ambos retos: el de la sustentabilidad vernácula y el de las formas contemporáneas de uso. Propuestas de diseño con espacios contemporáneos adaptados a la vida moderna y soluciones estructurales adecuadas a los requerimientos de seguridad regionales frente a la presencia de actividad sísmica.

El curso que presentamos propone brindar las pautas básicas de diseño en adobe, quincha, tapial, bambú y otras técnicas vernáculas a los futuros arquitectos, para su utilización en diseños nuevos, intervenciones adecuadas de edificaciones en tierra, proyectos de vivienda rural eficientes, conservación de edificaciones históricas, propuestas de reconstrucción post sismos, integrando las nociones de prevención de riesgos y de sustentabilidad.

Uno de los objetivos del curso es la producción de diseños que conllevan nuevos desafíos técnicos. Los diseñadores deben resolver retos mayores en cuanto a las posibilidades técnicas del material, por lo que la investigación a través del diseño es una parte importante del curso.

Además del curso de Construcción con Tierra, la Facultad de Arquitectura de la PUCP, con equipos multidisciplinarios, está difundiendo buenas prácticas constructivas y sensibilizando a la población de pueblos patrimoniales sobre la importancia de la preservación del patrimonio edificado como vehículo para el desarrollo rural a través de proyectos de Responsabilidad Social Universitaria (RSU).

1. INTRODUCCIÓN

La Pontificia Universidad Católica del Perú, PUCP tiene una larga trayectoria en el estudio de la construcción con técnicas en base a tierra: adobe, quincha, tapial. El terremoto de 1970 que causó cerca de 70.000 víctimas, la mitad de ellas por el derrumbe de su vivienda, fue el detonador para que muchos ingenieros se pusieran a estudiar la Tierra como material de construcción antes muy poco estudiado en los medios académicos y profesionales. En la PUCP se inició la investigación de construcción con tierra en 1973 y se creó el laboratorio de ingeniería antisísmica hacia el año 1978, donde se llevaron a cabo numerosas investigaciones para entender cuáles eran las fallas del material y mejorar las técnicas

constructivas llegando a proponer refuerzos estructurales como la mejor alternativa para seguir utilizando la construcción en tierra en las áreas donde se usaba masivamente por tradición y economía. (Vargas et al, 2005)

En el año 1977 aparece en el Perú la primera norma de construcción en adobe. Luego de 40 años de continua investigación, los Comités Especializados de la Norma de SENCICO, elaboraron nuevas versiones de la Norma técnica de Adobe E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los años 1985 y 1999, referentes para normas de otros países sísmicos. (Blondet, et al, 2011)

Sin embargo, la transferencia del conocimiento del trabajo académico es de difícil difusión en el campo, la transmisión de los conocimientos a través de cartillas y cursos de capacitación a pesar de ser mayor en las fases post sismo, es insuficiente.

Un curso de enseñanza universitaria de construcción con tierra en la especialidad de arquitectura es un intento complementario para vencer esta la dificultad de la difusión.

2. LOS DESAFÍOS ACTUALES

En el campo de la arquitectura y de la ingeniería sismoresistentes en tierra, los desafíos actuales son de orden vital: patrimonio cultural y vivienda en contextos de aceleración de cambio climático y de riesgo frente a los desastres naturales.

2.1 Patrimonio Cultural

El Perú es un país altamente sísmico con un inmenso patrimonio arquitectónico en tierra y piedra en el que la falta de conocimientos sobre las técnicas históricas de construcción por parte de los profesionales de la construcción, dificulta su mantenimiento y reparación o provoca intervenciones inadecuadas que dañan el legado histórico. La falta de profesionales formados en el tema, implica indirectamente daños y pérdidas en el patrimonio. Adecuar, conservar, mantener, transformar, adaptar edificaciones históricas es parte de la formación que todo arquitecto debería de tener sin necesidad de ser especialista en restauración.

2.2 Vivienda

El 80% de la población del país exceptuando Lima – según el censo de vivienda 2012 - habita en casas de tierra edificadas en su mayoría por autoconstrucción, en general por constructores sin la asesoría o la dirección de técnicos, ingenieros o arquitectos (figura 1 y tabla 1).

En el mundo rural andino la arquitectura vernácula ha sido, antes de encontrarse enfrentada al avance de la ´modernidad´, la mejor respuesta a la problemática de la vivienda, adaptada a cada lugar en cuanto a formas, usos y materiales. Sin embargo el atractivo de la imagen moderna involucra las formas contemporáneas en los materiales tradicionales sin respetar sus características propias causando problemas en la estabilidad estructural de las edificaciones, por ejemplo dimensión de los vanos, esbeltez de los muros, en el confort térmico, en la integración urbana rural, etc. El adobe y la tierra en general siguen asociados a la pobreza y al atraso por quienes lo viven desde generaciones y no tienen acceso a aplicaciones alternativas en la construcción contemporánea a su alrededor salvo la de materiales industriales como ladrillo y cemento. Los arquitectos no diseñan con tierra viviendas contemporáneas y así no existen referentes de edificaciones nuevas adaptadas a la vida actual construidas con tierra.

Es un hecho que las poblaciones más pobres y marginadas siguen viviendo en casas de tierra que son vulnerables y desatendidas por el mercado profesional de la arquitectura. Hay que repensar la manera de formar al arquitecto para que sea capaz de atender a estas poblaciones y propiciar la inclusión social, tema prioritario en el país. Por eso los trabajos en campo con comunidades locales en proyectos de responsabilidad social son, desde el punto de vista académico, un complemento a la formación del arquitecto y del ingeniero.

Finalmente, el cambio climático afecta las poblaciones que viven en condiciones más extremas como por ejemplo las comunidades altoandinas.

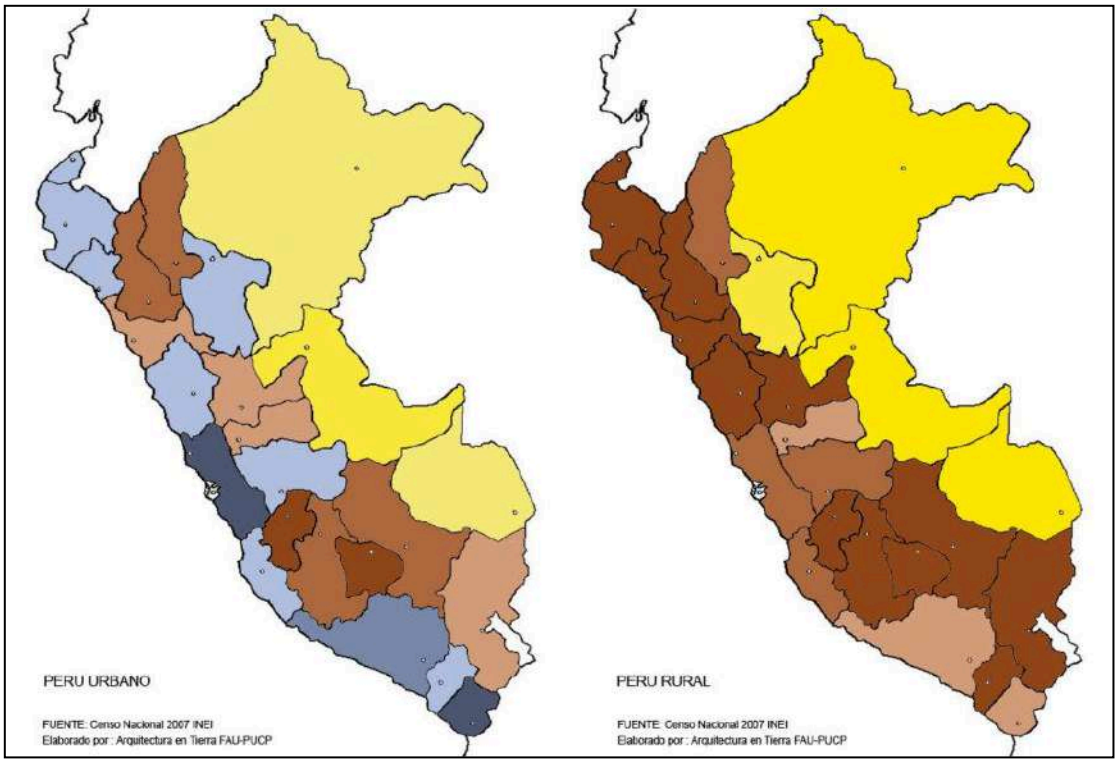


Figura 1 – Mapa materiales de construcción predominantes
(arq. Teresa Montoya en base a censo nacional de vivienda 2012)

Tabla 1 – Materiales de construcción predominantes en el Perú urbano y rural, según el senso de vivienda 2012.

Color en el mapa	Material de construcción	Urbano	Rural
Marrones	Adobe - Tapial - Quincha - Piedra c/ barro (ATQP)	26,2%	78,6%
Celeste y azul	Ladrillo - Cemento (LC)	61,1%	14%
Amarillo	Madera (M)	8,2%	4%

3. SEMINARIO DE ARQUITECTURA EN TIERRA FAU-PUCP

3.1 Descripción del curso y objetivos y metodología

Arquitectura en Tierra es un curso electivo del área de construcción que involucra las áreas de diseño e historia. Es un curso multidisciplinario en el que participan las especialidades de ingeniería civil y arqueología en complemento de la especialidad de arquitectura

Su propósito es familiarizar al estudiante con el espacio-tiempo, mundo, panorama de las `culturas del barro´.

Está dirigido a completar la formación del arquitecto como profesional capaz de:

- Intervenir adecuadamente sobre el patrimonio cultural: transformar, conservar, adaptar y poner en valor las edificaciones existentes construidas con tierra.
- Proponer modelos de diseño para construcción rural y de bajo costo, mejoramiento de vivienda, atendiendo una demanda que carece de apoyo técnico y dinero.
- Utilizar la tierra como material de construcción en el diseño contemporáneo aplicando tecnologías apropiadas, sismoresistentes y sostenibles, proponer soluciones a los efectos del cambio climático.

El curso es de carácter expositivo apoyado con estudio de casos reales, con la participación activa de los estudiantes, incluye visitas a diferentes tipos de espacios edificados con tierra de la ciudad y el campo así como charlas de especialistas de las áreas de arquitectura, ingeniería y arqueología.

3.2 Contenido

3.2.1 Conocimiento histórico del material

El curso comienza con el estudio de estructuras arqueológicas, coloniales y republicanas en tierra, a través del levantamiento arquitectónico de sus detalles constructivos y del entendimiento del comportamiento estructural del material. Esto se logra a través de dibujos arquitectónicos constructivos de un tramo del Qapaq Ñan que cruza el campus PUCP y de una casona republicana del Centro Histórico de Lima (figura 2).

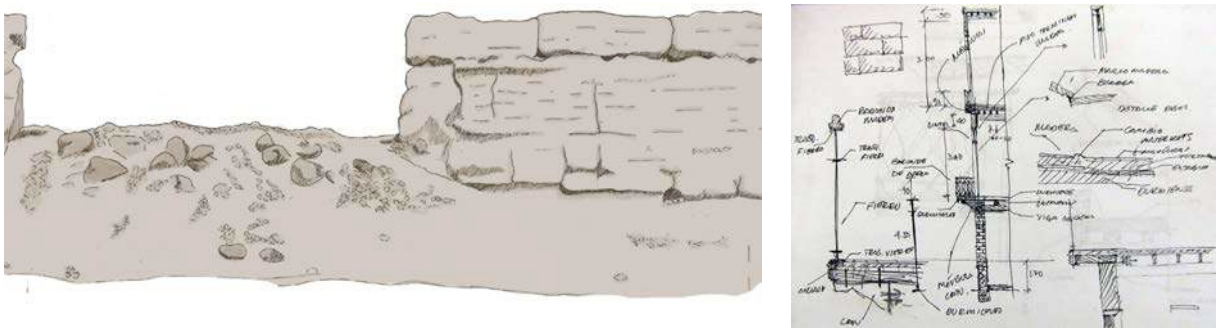


Figura 2 – Levantamiento de muro Inca y de casona Republicana (estudiantes ciclo 2012-2)

3.2.2 Conocimiento técnico del material

A continuación se estudia las propiedades del material a través de los componentes de la tierra y se explica cuál es el procedimiento que permite pasar de la tierra simple al material de construcción tierra.

La primera experiencia del estudiante con el material es la elaboración de un volumen con mezcla preparada para adobe, moldea la forma, observa el proceso de secado y de rotura, presenta un informe (figura 3). También experimenta la 'prueba de la bolita', una de las pruebas de campo más prácticas y confiables.

Figura 3 – Ejercicio: explorando el material, estudiantes ciclo 2013-1
(Fotografía Teresa Montoya, 2013)

3.2.3 Definición de riesgo sísmico y normativa

Se introduce a los estudiantes en los conceptos de riesgo sísmico y diseño para la prevención con la aplicación de la norma Adobe E-080 que será utilizada por ellos en sus ejercicios de diseño a lo largo del curso.

3.2.4. Técnicas de construcción

Varias sesiones son dedicadas a la presentación teórica y práctica de las técnicas de construcción con tierra más empleadas en la región Andina: adobe, tapial, quincha y piedra asentada con barro que se complementan con la introducción al empleo del bambú y de la madera.

Los estudiantes aprenden a aplicar las técnicas contemporáneas investigadas por la unidad de ingeniería utilizando los parámetros de la norma y los refuerzos recomendados (caña / sogas / geomallas)

3.2.5. Aplicaciones contemporáneas del diseño arquitectónico en tierra

En la actualidad se conocen técnicas semi-industrializadas de construcción con tierra con el empleo de prensas para adobes, pisones neumáticos y encofrados metálicos para tapia entre otros. Sin embargo en la región aún no son aplicadas probablemente por la falta de demanda en diseños contemporáneos. Es por ello que la propuesta de diseños contemporáneos va de la mano con el avance tecnológico y la generación de soluciones que permitan la estandarización del material. Los pocos ejemplos de proyectos de arquitectos en tierra que se realizan en el Perú aún se ejecutan de forma tradicional. (Por ejemplo: hoteles y condominios en la región de Cusco)

Al incrementarse el número de profesionales capaces de diseñar con tierra se va a generar una demanda de materiales con sello de calidad y mano de obra especializada.

De la misma manera, se genera el fenómeno de avance tecnológico como respuesta a una demanda ya que los nuevos diseños crean nuevos retos para los ingenieros calculistas quienes también deberán estar preparados en el tema. (Figura 4)

3.2.6. Diseño bioclimático, energías pasivas

Por último el curso quiere abarcar el tema ambiental: el problema del cambio climático es muy actual y es un reto esencial para los arquitectos reflexionar sobre cómo enfrentarse a él, sobre todo en un país como el Perú muy afectado por las modificaciones del clima.

Existe la necesidad de diseñar edificios sostenibles y ecoeficientes, en ámbito urbano como rural.

Ahora el paradigma de la modernidad parece imponer en todo el Perú las mismas formas y los mismos materiales, a pesar de las diferencias climáticas: el fenómeno es incrementado por ser la mayoría de edificios construidos sin asesoría técnica.

El curso propone trabajar en la creación de tipos arquitectónicos más relacionados con el clima y los recursos locales, a partir del estudio de la arquitectura tradicional y vernácula, hecha con materiales naturales y con soluciones básicas para el confort interno (ventilación, iluminación, control de la temperatura, etc.)

También es importante fomentar la demanda de materiales y técnicas sostenibles que comporten un bajo nivel de energía utilizada y liberación de CO_2 (control de energía gris).

El curso quiere dar algunas pautas y reflexionar sobre el manejo de la energía en un proyecto de arquitectura en tierra. Los alumnos son invitados/guiados a enfrentarse al diseño arquitectónico en tierra no solo desde el punto de vista estético y funcional sino también tecnológico y energético.

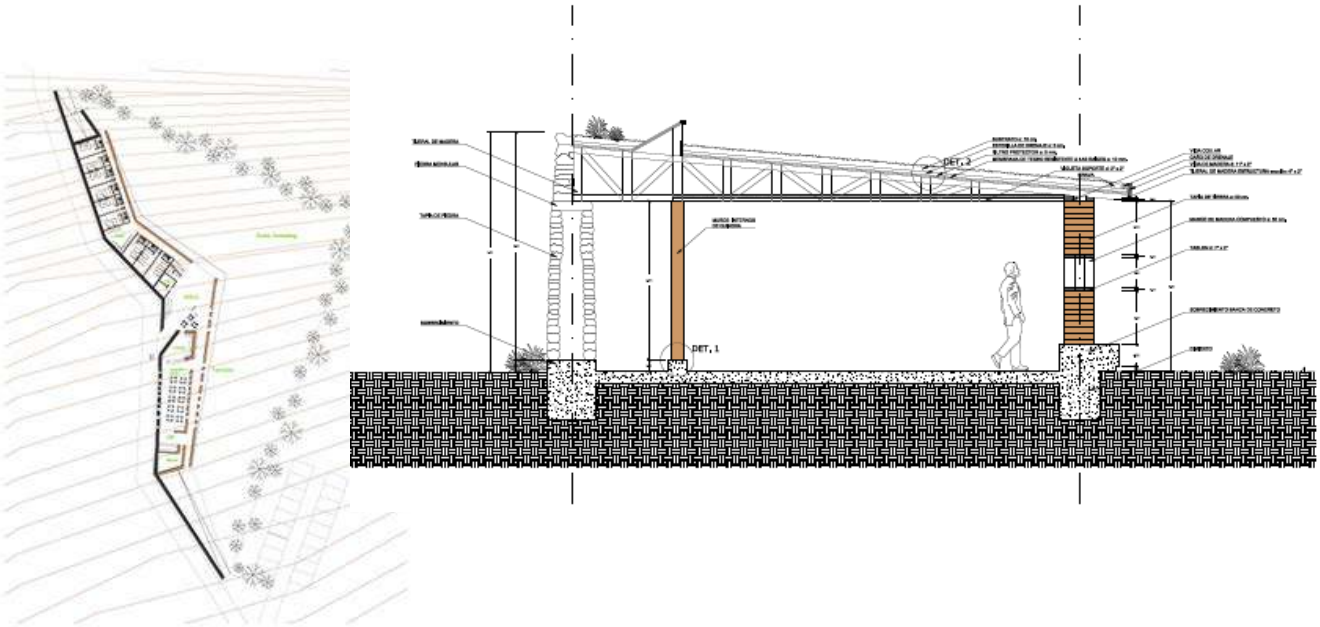


Figura 4 – proyecto en tapial, piedra con barro y madera para la zona interandina baja (Estudiantes Miguel Gutierrez, Patricia Moya- 2012)

Desde el punto de vista constructivo y estructural deben conocer las tecnologías mejoradas que intentan solucionar las fallas de las técnicas constructivas tradicionales en tierra. Sigue siendo importante utilizar materiales que estén al alcance del constructor, recursos locales que permitan reducir los costos de abastecimiento y transporte: eso, sumado al hecho que los materiales son reutilizables, hace que tengan un bajo nivel de energía gris.

Desde el punto de vista energético también se reflexiona sobre cómo aprovechar la energía del lugar (viento, sol, etc.) poniendo atención en la ventilación natural la inercia térmica de las paredes, los sistemas de acumulación de calor (por ejemplo muro trombe).

Además el ejemplo de edificios de tierra modernos que abarcan el tema estético, tecnológico y energético ayuda los alumnos a enriquecer el paradigma de modernidad en este momento enfocado exclusivamente en los edificios urbanos y a colocar en el panorama arquitectónico actual la obra de arquitectos como Martin Rauch, Marcelo Cortés, Rick Joy, entre otros.

Una muestra de esta tendencia son los proyectos presentados en la exposición ExpoTerra PUCP que acompaño la XI Conferencia Internacional Terra 2012. (Figura 5).

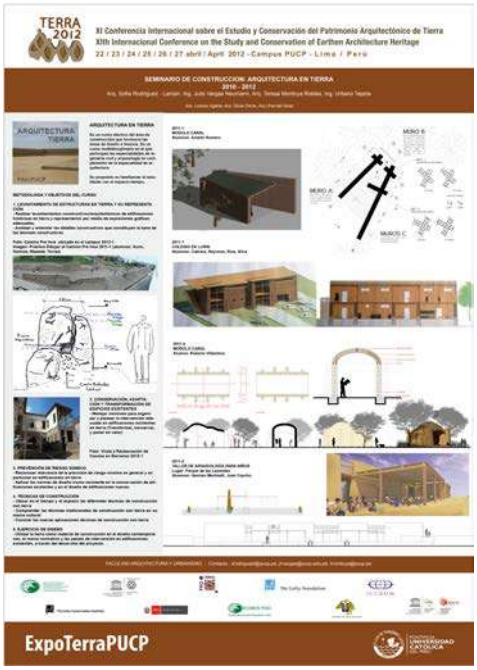


Figura 5 – Poster del curso Seminario de Construcción para Terra Conference 2012, PUCP, Lima.

3.3. Resultados

Los resultados del curso se leen en dos niveles: el de las propuestas de diseño y el de la sensibilización social del estudiante. Los diseños propuestos son retos para el cálculo estructural hasta hoy enfocado en módulos básicos de vivienda económica. Sin embargo la experimentación es controlada por el enfoque realista de los temas propuestos. Como ejemplo, los temas de los últimos ciclos fueron: un lugar para la memoria de las víctimas de la violencia política, talleres para niños en un sitio arqueológico, refugios temporales adaptados a las diferentes zonas climáticas del país, el tambo un equipamiento propuesto por el ministerio de vivienda para las zonas rurales de vivienda dispersa.

El curso tiene una tendencia social porque el tema de la construcción con tierra en Perú es eminentemente social: está relacionado con la identidad cultural y el patrimonio de los pueblos andinos. Al introducir al estudiante en el estudio de la construcción con tierra se le está involucrando en la cultura andina incitándolo a una reflexión sobre sus propios orígenes. Algunos de los estudiantes continuarán investigando el tema a nivel académico con la propuesta de tesis de grado o lo aplicarán en su ejercicio profesional.

4. PROYECTOS DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

4.1 Proyectos de Responsabilidad Social Universitaria y el Valle Sur de Cusco.

Para extender la experiencia de enseñanza la PUCP a través de la Dirección Académica de Responsabilidad Social (DARS) busca generar espacios de intercambio para reconocer los saberes y capacidades locales, lo cual contribuye a crear nuevos conocimientos y descubrir nuevas perspectivas para entender y construir nuestra profesionalización. Por ello fomentar la realización de proyectos de investigación y desarrollo que respondan a las diversas necesidades en torno a la defensa del patrimonio del valle sur del Cusco era una oportunidad tanto para la universidad como para la localidad.

Los distritos de Andahuaylillas, Huaro, y Urcos que pertenecen al Valle Sur del Vilcanota en Cusco, que conforma una unidad física, económica, social y cultural, ofrecían las posibilidades para el trabajo académico interdisciplinar así como para el desarrollo de capacidades locales en torno al cuidado de su patrimonio. Su riqueza y su potencial de desarrollo están al nivel de otras rutas de importancia histórica como la del Valle Sagrado del Urubamba en Cusco, de súbito éxito y lamentablemente, escaso planeamiento profesional.

Es así que se inició un trabajo que tiene continuidad desde el 2011 hasta la actualidad en el que participan docentes, egresados, estudiantes de la PUCP invitados. Diferentes grupos de la sociedad local se unieron al grupo PUCP conformando el Comité de Gestión del Patrimonio, Desarrollo y Turismo del Valle Sur, entre ellos el Grupo de jóvenes de Patrimonio Qoriorqo, Autoridades Municipales, Alcaldes de los distritos de Andahuaylillas, Huaro y Urcos, y el alcalde provincial de Quispicanchi, representantes del Ministerio de Cultura, de la Parroquia, Asociaciones civiles y de Estudiantes. El Comité de Gestión firmó una ´carta de entendimiento´ con el fin de “Constituir un espacio de trabajo multi-institucional para promover la toma de conciencia sobre la importancia de la defensa y conservación del patrimonio cultural material e inmaterial y del valor vernáculo de los distritos de Andahuaylillas, Huaro y de la capital de la provincia, Urcos.” (Carta de entendimiento, Comité de Gestión – julio 2012). Estos grupos fueron los generadores de ideas y propuestas de acción. Su colaboración en las tareas de logística, convocatoria y difusión de las actividades fue clave.

4.1.1. Una experiencia de intercambio

La primera fase se desarrolló en el año 2011 y estuvo orientada a fortalecer la identidad local y generar voluntades para construir una visión común de desarrollo que derive en iniciativas específicas para el desarrollo de capacidades locales en relación al cuidado de su patrimonio.

El trabajo se inició con un primer acercamiento a través de reuniones con autoridades para enfocar cual sería el aporte de la PUCP en las actividades locales. Se establecieron contactos con autoridades y grupos locales. Se inició el trabajo con los jóvenes, en el que se destacó el reconocimiento del patrimonio material a través de mapas mentales, aspectos físicos del pueblo y el territorio circundante y el reconocimiento y registro de patrimonio inmaterial.

Se realizaron charlas con jóvenes y albañiles sobre construcción mejorada con adobe: la utilización de refuerzo con geomallas. Las posibilidades actuales y ejemplos en la historia y en el mundo del adobe como material de construcción.

Asimismo se realizaron actividades técnicas en la Casa Curial, una construcción que pertenece a la plaza de Huaro y que representa una oportunidad de investigación y capacitación sobre técnicas constructivas en tierra. Este trabajo consistió en el levantamiento de planos, reuniones con especialistas, recopilación de fuentes secundarias (folletos, bibliografía, reglamentos) y registro fotográfico y se realizó gracias a la participación de un grupo de voluntarios de la facultad de arquitectura, ex alumnos del curso Seminario de Construcción.

Sin duda era importante también llevar esta experiencia de regreso a la universidad para realizar un intercambio de ideas y generar interés en docentes y alumnos sobre un derrotero que se había abierto con esta primera experiencia. Se generó un debate en la facultad de arquitectura alrededor del tema Arquitectura y Responsabilidad Social, con la participación del profesor Alfonso Solano de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá Como consecuencia se generó gracias a un segundo financiamiento de la DARS, la organización de un Foro sobre Patrimonio en Andahuaylillas.

4.1.2. Foro de Patrimonio y Desarrollo Local

A lo largo del año se preparó un foro interdisciplinar con la participación de especialistas en los temas de: patrimonio cultural y desarrollo local, territorio y paisaje cultural, patrimonio y economía, patrimonio y turismo.

La idea era fomentar el interés en el tema del patrimonio entre los habitantes del Valle Sur del Vilcanota, Cusco y promover el reconocimiento del Patrimonio Cultural para fines de desarrollo económico y turístico

El foro se planteó para llegar a 4 grupos objetivos:

Conferencias, dirigidas principalmente a actores locales con poder de decisión alcaldes y regidores municipales, dirigentes comunales, con quienes se generó la exposición de ideas como conclusión de la conferencia.

Durante el Taller de jóvenes se elaboró una mesa de trabajo entre los estudiantes de la PUCP, el grupo de jóvenes Qoriorqo y jóvenes de las localidades quienes compartieron ideas y tomaron consciencia de sus preocupaciones comunes. Como resultado se generó un pronunciamiento que fue compartido con las autoridades locales en la clausura del evento.

El Taller de Niños, con la colaboración de los artistas Silvia Westphalen y Rohny Alhalel, generó un mural con la participación de los niños para la ludoteca de la Parroquia de Andahuaylillas. Niñas y niños plasmaron su intuición sobre su Patrimonio y al mismo tiempo crearon una obra de arte que embellece su espacio cotidiano.

El Taller Técnico se realizó con una charla teórica y la aplicación práctica de la tecnología de geomallas como refuerzo de seguridad sísmica en la construcción de viviendas de tierra a 47 constructores y albañiles de la región (figura 6). Este taller suscitó mucho interés entre los constructores de la zona quienes generaron la demanda de un curso de construcción más completo que sería el tema para la postulación del financiamiento de la DARS para el 2013. Este curso taller se encuentra actualmente en elaboración y será ejecutado en octubre de este año en Huaro con la participación del municipio distrital y del Comité de Gestión del Valle Sur.

Figura 6 – Foro Patrimonio y Desarrollo Local: taller de jóvenes, taller de niños y taller técnico de refuerzos con geomalla con el ingeniero Vargas Neumann (Fotografía Teresa Montoya, 2012).

4.1.3. Proyectos en curso

Los nuevos proyectos promovidos por el Departamento de Arquitectura y la DARS son: ´Curso Taller de Construcción con Tierra´ y ´Diagnóstico y Recomendaciones para la puesta en valor de la Cantera Inca Rumiqolca´.

El primero corresponde a un intercambio de conocimientos sobre materiales y técnicas constructivas. Se planea el diseño de un curso de capacitación para albañiles en construcción con adobe mejorada y refuerzo de edificaciones existentes con la aplicación de técnicas sismo-resistentes inicialmente investigadas en la PUCP y adaptadas a la realidad del mercado de materiales de la zona, complementado por el diseño y producción de una cartilla o manual de aplicación del taller y la ejecución de un módulo del taller en Huaro.

El ´Diagnóstico y Recomendaciones para la puesta en valor de la Cantera Rumiqolca´ tiene por objetivo aportar recomendaciones y propuestas para el adecuado manejo del sitio arqueológico Rumiqolqa, ubicado dentro del Parque arqueológico Pikillacta.

La investigación servirá para difundir la importancia histórica y cultural de la cantera por ser una de las más antiguas del mundo ininterrumpidamente utilizada. Así mismo, la puesta en valor contribuirá a fortalecer la identidad y generar un desarrollo histórico, cultural, social, turístico y ambiental, todos estos llevados de una manera sostenible.

Del mismo modo, se pretende explorar el potencial cualitativo de la piedra como material constructivo y artístico.

5. REFLEXIONES FINALES

Hablar de construcción con tierra en el Perú significa hablar de cultura y tradición. La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica del Perú a través del curso Seminario de Construcción: Arquitectura en Tierra, propone asociar los enfoques tecnológicos y sociales para la formación de arquitectos adaptados a la realidad regional del momento. Una formación para que los arquitectos puedan incorporar la tierra como material de construcción a sus diseños, ofrece una gama más amplia de posibilidades profesionales a los jóvenes y los confronta a un reto mayor, que es el cómo actuar ante una demanda de aproximadamente 10 millones de peruanos que viven en casas de tierra y cómo ser partícipes del rescate de un patrimonio en peligro por la amenaza de riesgo sismico y medio ambiental.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N.; Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*, 63(523): 41-50 doi: 10.3989/ic.10.017

Vargas, J., Blondet M., Ginocchio F.; Villa García G. (2005), La tierra armada: 35 Años de investigación en la PUCP. *Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Adobe en Áreas Sísmicas*. Lima, PUCP, 2005

Currículos

Sofía Rodríguez-Larraín Dégrange. Arquitecta. Docente Facultad de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú. Conservadora de casas patrimoniales. Coordinadora área de Patrimonio del Centro de Investigación de la Arquitectura y la Ciudad del Departamento de Arquitectura de la PUCP. Proyectos de Responsabilidad Social Universitaria relacionados con la arquitectura vernácula y patrimonial en tierra.

Teresa Montoya Robles, Arquitecta. Docente de la Facultad de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Participa en proyectos de Responsabilidad Social Universitaria relacionados con la arquitectura vernácula y patrimonial en tierra.

Julio Vargas Neumann. Ingeniero, Profesor Principal Universidad Católica del Perú, Investigador de Construcciones de Tierra sismorresistentes, ex-Vice Ministro de Vivienda, Premio Nacional de Cultura en Ciencias y Tecnología 1985/86, Ex-Presidente Comité Especializado Norma NTE.E-080 Adobe, miembro de ISCEAH, ISCARSAH, ISCS, ICORP/ICOMOS, ICOMOS Perú. Condecoración Orden al Mérito. Ministerio de Vivienda del Perú. Orden de la Ingeniería Peruana, Colegio de Ingenieros.

CONSIDERACIONES PARA INCLUIR LA TÉCNICA DEL TAPIAL EN LA NORMATIVA DE TIERRA PERUANA

Julio Vargas Neumann

Pontificia Universidad Católica del Perú. jhvargas@pucp.edu.pe

Palabras Claves: Tierra, Tapial, Norma. Refuerzos sísmicos.

Resumen

En el Perú se viene revisando la Norma NTE E-080 Adobe, para incluir avances tecnológicos y corregir ciertas deficiencias detectadas. La nueva norma será una Norma de Tierra que incluirá la técnica ancestral del tapial.

El tapial, ha demostrado experimentalmente ser una técnica más eficiente que la mampostería de adobe por su mayor resistencia, menor costo en el área rural y menor tiempo de construcción. Es una técnica que en usos modernos ha permitido destacar por su enorme potencial estético.

El oportuno lanzamiento del Programa de Apoyo al Habitad Rural (PAHR) por parte del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), requiere con urgencia contar con información técnica sobre tapial, para aplicar los bonos de subsidio en las zonas andinas escogidas para el inicio del PAHR, que utilizan tradicionalmente la técnica del Tapial.

Se presenta consideraciones útiles para una normativa basada en numerosas investigaciones sobre reforzamiento de construcciones de tierra y varias específicamente sobre la técnica del Tapial, realizadas en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP durante las últimas dos década, donde destaca la investigación relativa al reforzamiento sísmico del Tapial, que auspició el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), organismo del MVCS que también desarrolla las propuestas de normatividad constructiva con la participación de profesionales del sector construcción.

1. ANTECEDENTES

Tierra, piedra, maderas y cañas, son los primeros materiales utilizados, hace miles de años para la construcción, debido a su accesibilidad. Muchas veces se encuentran combinados, como es el caso de la Cultura de Caral hace 5000 años, a 180 km al Norte de Lima (Vargas et al, 2011). En el Perú existen las construcciones con tierra más antiguas de América, en Sechín Bajo (Casma), se encontraron los primeros adobes de formas tronco piramidales alargados, luego ovoides y más tarde cónicos (Huaca Santa Cristina), hace 5400 años (Bischof, 2009). El Tapial como tecnología compactada, no existió en el Perú antiguo. Lo que se desarrolló en tiempos pre-hispanos, fue una técnica de masas de tierra colocada o tierra vertida, presumiblemente con ayuda de rústicos moldes flexibles de totora, junco o mallas de fibras vegetales de muy poca altura (alrededor de 15 cm). Los Ychsmas (1000 D.C.) fueron grandes constructores de estos muros con apariencia semejante al tapial hispano-árabe. Destaca Maranga, la ciudadela de tapia con numerosas pirámides truncas erigidas con esta técnica.

La tecnología actual de tapial llega al Perú con los europeos y hoy existen versiones regionales muy diversas que es necesario distinguir para establecer programas de apoyo, consolidación o ampliación.

Es necesario desarrollar trabajos de investigación y encuestas técnicas a los maestros tapialeros de las múltiples zonas en que operan, para conocer la realidad constructiva del tapial. Las primeras encuestas realizadas en los valles del Mantaro (Tarma), como en la ciudad de Cajamarca, revelan que se usan en el Perú tecnologías muy diversas, que parecen a primera vista, de comportamiento estructural similar estando ambas ubicadas en zonas de actividad sísmica medianamente activa (Zona 2).

En la actualidad, en el Perú existe una norma de adobe que está en revisión. Lo deseable es desarrollar una norma de tierra que incluya las tecnologías más importantes que se utilizan en el País (adobe, tapial y quincha).

Estudios e investigaciones realizadas en la Pontificia Universidad Católica del Perú, PUCP, revelan que el tapial es una técnica más económica, rápida, durable y resistente que la de mampostería de adobe (Vargas et al, 1984; Vargas, 1993). Se estima que cerca del 40 % de peruanos viven en construcciones de tierra, según datos de los censos que realiza el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, alrededor de la mitad vive en construcciones de tapial, en zonas urbanas y rurales.

2. OBJETIVOS PARA UNA BUENA TÉCNICA DE TAPIAL EN EL PERÚ

¿Qué propiedades y características deberían tener las construcciones de tapial en el Perú, teniendo en cuenta que se utiliza en zonas de mediana y alta actividad sísmica? ¿Cómo se debe abordar el apoyo a la vivienda en zonas donde el déficit habitacional no es de cantidad sino de calidad?

Estas preguntas son fundamentales para orientar las decisiones de ingeniería. Se podría decir que existen seis objetivos primarios: que las viviendas sigan siendo realizadas con un alto ingrediente de auto-construcción dirigida, que sean económicas, seguras, durables, confortables y compatibles con el valor vernáculo de sus “caseríos”. Obviamente se trata de conseguir estos objetivos adaptados a las características ecológicas de cada zona.

En zonas áridas, con escasez de agua y temperaturas extremas entre el día y la noche, puede convenir buscar propiedades de máximo aislamiento térmico para contar con interiores cálidos durante las noches frías, a expensas de acumular el calor producido en el día y complementariamente, contar con ambientes frescos durante el día caluroso, gracias al enfriamiento de los ambientes durante la noche. Esto significa empleo de muros anchos y aberturas pequeñas.

Contar adicionalmente con paredes exteriores compactas evitará la erosión y obtendrá durabilidad. Las grietas de contracción de secado no son bienvenidas. El barro a ser compactado usa poco agua. Frecuentemente los muros de tapial dejan de ser enlucidos o revocados por falta de conocimiento o limitaciones económicas.

En general en las zonas sísmicas de temperaturas extremas, donde igualmente se requiere de la inercia térmica, puede llegar a ser prioritario obtener las mayores resistencias posibles de los muros y adicionalmente controlar las deformaciones y desplazamientos de muros agrietados, con refuerzos adicionales. Estos objetivos que utilizan nuevas tecnologías, pueden complementar las técnicas tradicionales.

3. PROPIEDADES DE LA TIERRA COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO

La tierra como material de construcción tiene cuatro componentes:

- La ***arcilla*****,** que siendo el único componente activo, se hincha en contacto con el agua y conforma una masa plástica como matriz del resto de componentes inertes. Cuando el agua se evapora, la masa se encoje y endurece hasta alcanzar una resistencia seca (taximetría negativa). Esto convierte al suelo con arcilla, en un material de construcción. La contracción de secado del suelo con mucha arcilla (comúnmente tierra agrícola), crea fisuras y grietas cuando hay restricciones de borde y el secado es rápido y no uniforme.

- Los materiales granulares inertes de distintos tamaño de partículas de roca, que son la ***arena gruesa*****,** la ***arena fina*** **y** el ***limo***.

El suelo arcilloso, bien equilibrado con adición de arena gruesa y suficiente contenido de humedad, logra tras un secado lento, un material óptimo, caracterizada por una alta resistencia seca, sin fisuras. (Vargas et al, 1984).

Contrariamente, en zonas áridas con suelos de menor cantidad de arcilla, suelos más bien arenosos, es posible activar las partículas de arcilla por compactación, vibración o compresión, utilizando un menor contenido de humedad.

Con ambos tipos de suelo se puede hacer muros de tapial, constituyen dos corrientes universales y en el Perú se utilizan ambas, según el tipo de suelo existente en cada lugar.

Dos precauciones son indispensables:

En suelos muy arcillosos debe adicionarse arena gruesa (no arena fina) y limitar el contenido de humedad. Existen simples pruebas de campo para obtener los porcentajes óptimos de mezcla con arena gruesa. El contenido óptimo de agua para una máxima resistencia podría variar entre 15% y 20%, pero debe controlarse para que no se crean fisuras verticales de secado en el muro de tapial. Es conveniente hacer pruebas con pequeños muretes cuadrados de alrededor de 1 m de lado y un ancho semejante al del muro planeado, para conocer los rangos de porcentajes de agua adecuados para cada suelo.

En suelos arenosos es indispensable conocer si hay suficiente arcilla para garantizar porcentajes de contenidos de arcilla, como se encuentra en la bibliografía. Hay arcillas de muy mala calidad y otras de muy buena calidad, por tanto no es correcto recomendar porcentajes de contenidos de arcilla.

En ambos tipos de suelo, es necesario hacer dos pruebas de campo muy simples que demuestran, una, si la presencia de arcilla es suficiente y por tanto si el suelo es conveniente o no, para ser utilizado como material de construcción y en caso de ser suficiente, otra prueba, para lograr que la arcilla esta correctamente equilibrada con la arena gruesa y así obtener su mejor resistencia. Estas pruebas son útiles para todas las tecnologías de construcción con tierra. (Vargas et al, 1984).

4. LA DISTORCIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOTÉCNICO EN LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA RESISTENTE.

Como el Perú es un país de alta a mediana sismicidad, principalmente según la distancia al Océano Pacífico, donde se encuentra la fuente de mayor riesgo de ocurrencia de terremotos (fosa oceánica). El objetivo en la costa y en la sierra será utilizar suelos para construir muros de tapial de la mayor resistencia posible.

Las construcciones con tierra, incluyendo las viviendas, deberán ser seguras, para lo cual además de poseer muros resistentes, tienen que contar con refuerzos que controlen en los muros, los desplazamientos en la etapa de post agrietamiento sísmico.

Existe una tendencia desarrollada en el siglo XX, que aparece al renacer el interés por las construcciones de tierra debido al ahorro energético y el deber ético de conservar el medio ambiente. La tendencia es utilizar el conocimiento geotécnico (mecánica de suelos) que tiene fines orientados a la cimentación de construcciones o soporte de pavimentos, también para caracterizar, estudiar en laboratorio y definir el diseño de mezclas para la construcción de adobe.

Esta tendencia crea confusión desde la clasificación de suelos, por ejemplo, no distingue en la clasificación, entre la arena gruesa y la arena fina, conocimiento que hoy sabemos está asociado al logro de construcciones más resistentes. La arena gruesa es útil para equilibrar el exceso de arcilla, la arena fina no.

En general, es necesario establecer pruebas sencillas de campo para reconocer las características de la tierra apropiadas para construir. No existe resistencia seca sin suficiente presencia de arcilla (calidad y cantidad) en la tierra para construir. Es necesario superar la falta de conocimiento a cerca de la calidad de la arcilla que es función de su contenido de minerales (también calidad y cantidad) para obtener muros resistentes en las diferentes técnicas constructivas de tierra, el tapial entre ellas. Las pruebas deben ser

sencillas, lo cual deja de lado pruebas de laboratorio que requieren uso de equipos y herramientas (difracción de rayos X, microscopios, etc.) que un auto-constructor no posee.

Como consecuencia de la mencionada tendencia, se confunde el objetivo de obtener la mayor resistencia posible, con el de obtener la mayor compacidad posible, como ocurre con los suelos que resistirán pesos a través de pavimentos. Se piensa que los suelos elegibles deben ser preferiblemente suelos arenosos con poca humedad, que se contraen menos al secarse, para evitar fisuras de secado. Se pretende optimizar la humedad de los suelos arenosos, sin preocuparse de su contenido de arcilla (cantidad y calidad), a través del empleo del ensayo de Humedad Proctor utilizado por los geotécnicos para optimizar suelos que resistan transito pesado en los pavimentos, vía compactación o desaparición de vacíos.

Ensayos de laboratorio realizados en la PUCP con muros de tapial, revelan que no solo los suelos arenosos son adecuados, por el contrario, utilizando suelos moderadamente arcillosos, con aumentos controlados de arena gruesa, se producen incrementos de resistencia mayores al 300 % y que por otro lado, aumentos de humedad a esos suelos moderadamente arcillosos, del orden del 10% al 20% sobre la supuesta humedad óptima del Ensayo Proctor, producen incrementos de resistencia del orden del 50%. (Vargas, 1993; SENCICO, 2007).

También revelan estos ensayos, que deben cuidarse los excesos, como en el caso de los suelos arcillosos ya equilibrados con arena gruesa, pues incrementos de humedad por sobre la humedad óptima Proctor, no necesariamente producen incrementos de resistencia y pueden producir incluso disminución de resistencias.

Queda claro que más eficiente para obtener mayores resistencias, es utilizar suelos arcillosos y equilibrarlos con arena gruesa, que utilizar suelos arenosos (con arenas finas y gruesas) y mejorarlos con arcilla, cuyas canteras son más escasas.

5. TRATAMIENTO DE SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS PARA MUROS DE TAPIAL

Frente a suelos naturales arenosos, es necesario empezar por verificar que posean suficiente arcilla y que si la tienen, sería posible utilizar humedades del orden a las de la humedad Proctor o algo más. Pero el ensayo Proctor no es una prueba útil en las áreas rurales, en autoconstrucción de vivienda o en su consolidación o reparación.

Es necesario comprobar en cada cantera de suelo la suficiente presencia de arcilla, a través de la “prueba de presencia de arcilla”, posteriormente se recomienda utilizar la “prueba de control de fisuras”, para conocer si la cantidad de arena gruesa no es excesiva. Más adelante se describen las dos pruebas de campo.

Las pruebas de campo mencionadas son simples (sin uso de herramientas y menos aún equipos) y conducen a obtener muros de tapial más resistentes y no necesariamente más compactos, que no es lo mismo. La resistencia se obtiene con más eficiencia activando por humedad la arcilla existente, que compactando un suelo con poca calidad y cantidad de arcilla.

Frente a suelos moderadamente arcillosos o muy arcillosos, el procedimiento es similar, utilizando en la misma frecuencia las dos pruebas de campo. La prueba de Presencia de Arcilla, se aprobará en menos tiempo que en los suelos arenosos y la prueba de Control de Fisuras indicará la conveniencia de mezclar el suelo con una determinada proporción de arena gruesa.

6. EL ADITIVO NATURAL DE PAJA

El suelo suficientemente arcilloso mezclado con paja, utilizado ancestralmente en casi en todo el planeta, es la combinación más eficiente de controlar las fisuras de secado en la construcción con tierra. En cualquiera de sus tecnologías. Desafortunadamente la paja no siempre abunda.

La combinación de suelo con arena gruesa, evita el micro agrietamiento y agrietamiento de las masas de tierra al secarse lentamente. La combinación de suelo con paja, no evita el micro agrietamiento, pero si controla el agrietamiento, actuando como refuerzo del material frágil durante el proceso de secado.

La adición de paja mejora la resistencia de cualquier suelo arcilloso, de manera proporcional al porcentaje de paja. El límite para su uso sin exceso, viene gobernado por la comodidad de su empleo en la mezcla o barro. Este límite también varía en cada tecnología. En el tapial, limita la compactación y produce el rebote del mazo de compactación.

En el extremo, una gran cantidad de paja mezclada con un poco de barro arcilloso líquido (barbotina), sin compactar, produce un material liviano de alto aislamiento térmico y magnífico comportamiento sismo resistente (relación, adecuada entre masa o fuerza sísmica de inercia/ resistencia). Esta técnica de “paja-barro” y “paja-adobe” fue también utilizada en Caral hace 5000 años (figura 1).

Figura 1. Elemento constructivo de paja-barro que destaca por su ligereza, hallado en Caral. También se han encontrado pequeños paja-adobes con esta técnica.

7. MATERIAL FUENTE O CANTERA DE TIERRA PARA CONSTRUCCION.

En la práctica las canteras son escogidas por la cercanía a la construcción y accesibilidad al suelo. Es necesario realizar las pruebas de campo mencionadas, para conocer si una cantera es adecuada o no.

En general, como ya se expresó, es mejor usar un material arcilloso y equilibrarlo con arena gruesa, que utilizar un suelo arenoso y mezclarlo con arcilla.

8. PRUEBAS DE CAMPO. SELECCIÓN DE SUELOS Y OPTIMIZACIÓN

Realizar la primera prueba o ensayo de resistencia seca (presencia de arcilla), consistente en fabricar tres a seis bolitas pequeñas de suelo de aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez secas (24 horas a la sombra) se aplasta cada bolita entre los dedos pulgar de una mano. Si las bolitas son resistentes que ninguna se puede romper, el suelo tiene suficiente arcilla para ser usado en la construcción de adobe, siempre y cuando se controle el micro agrietamiento del mortero debido al secado. Si en cambio, alguna bolita o más, se rompen, el suelo es inadecuado ya que le falta calidad o cantidad de arcilla y por lo tanto debe descartarse la cantera o eventualmente este suelo puede mezclarse con arcilla o suelo muy arcilloso y repetir la prueba, hasta que no se rompa ninguna bolita) (figura 2).

Agregar al barro, especialmente al usado para hacer el mortero, la máxima cantidad de paja que permita una adecuada consistencia. La paja es el agregado más eficiente para superar el agrietamiento y por ende mejorar la resistencia seca.

Si no hay paja disponible, deberá realizarse la segunda prueba o ensayo de control de agrietamiento, consistente en fabricar siete emparedados (dos bloques unidos por mortero)

usando bloques de adobe existentes y mortero del suelo en estudio. Luego de 48 horas de secado a la sombra, los emparedados se abren cuidadosamente y se examina el estado de agrietamiento del mortero. Si el mortero no se encuentra visiblemente agrietado, el suelo es adecuado para la construcción. En caso contrario, se podrá agregar arena gruesa (de 0,5 mm a 5 mm aproximadamente) como aditivo para controlar el agrietamiento de secado.

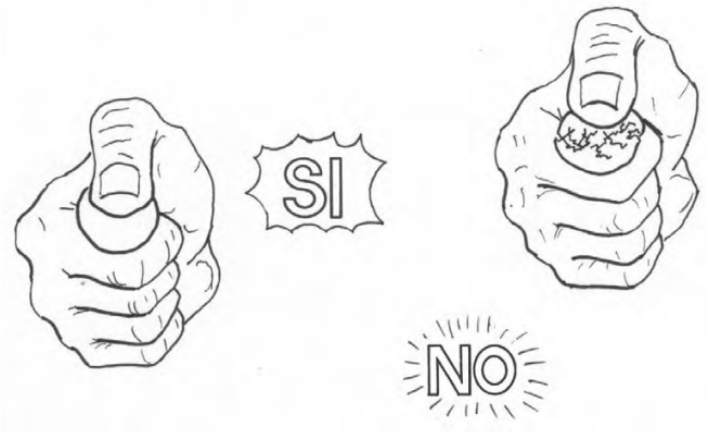


Figura 2. Prueba de campo de presencia de arcilla o tracción indirecta.

La proporción suelo/arena gruesa más adecuada se determina realizando el ensayo de control de agrietamiento, fabricando 7 emparedados, con morteros hechos con mezcla de proporciones crecientes de suelo y arena gruesa. Se recomienda que las proporciones de suelo: arena gruesa, varíen entre 1:0 (suelo solo) y 1:3 en volumen. El emparedado con menor contenido de arena gruesa que, al abrirse a las 48 horas, en secuencia de menos a más arena gruesa, que ya no muestre fisuras visibles en el mortero, indicará la proporción de suelo/arena gruesa más adecuada (óptima), para la construcción con adobe (figura 3). Se trata de la menor cantidad de arena gruesa que controla el proceso de agrietamiento de secado debido a la presencia de arcilla. La validez de estas conclusiones se demostró con ensayos de laboratorio en muchos muretes de mampostería de adobe con distintos tipos de suelos (Vargas et al, 1984).

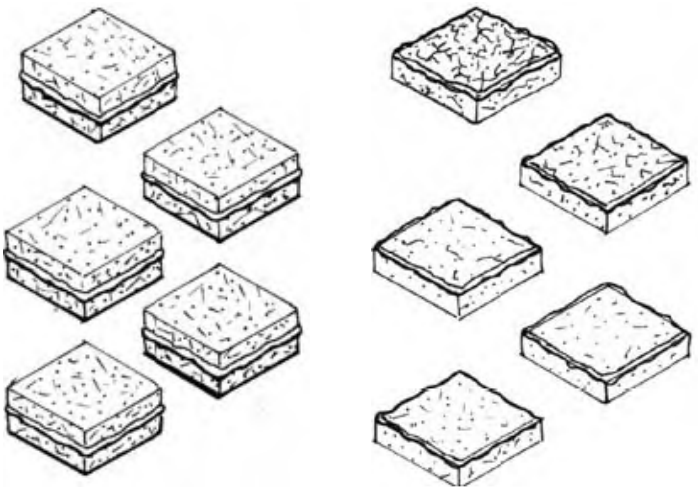


Figura 3. Emparedados secados 48 horas y luego abiertos para observar paulatina disminución de fisuras y descubrir la combinación óptima de suelo y arena gruesa

9. LA CIMENTACIÓN

La cimentación (cimiento y sobre-cimiento), tiene tres principales objetivos relacionados con la seguridad y durabilidad: 1. Trasmitir las cargas de los muros hasta suelos suficientemente firmes que puedan soportarlas con seguridad y sin asentamientos. 2. Evitar que los muros

de la construcción con tierra, se humedezcan por el ascenso de agua superficial y subterránea por capilaridad. 3. Disipar la energía sísmica vía aislamiento, amortiguamiento y fricción. Se trata del uso de grava o piedras embolsadas en mallas de sogas sintéticas. (Kachi et al, 2011; Vargas et al, 2011; Fukuyama, 2012). La figura 4 muestra un ejemplo de solución para construcciones de tierra, incluido el tapial, que aborda la tarea de lograr los tres objetivos mencionados.

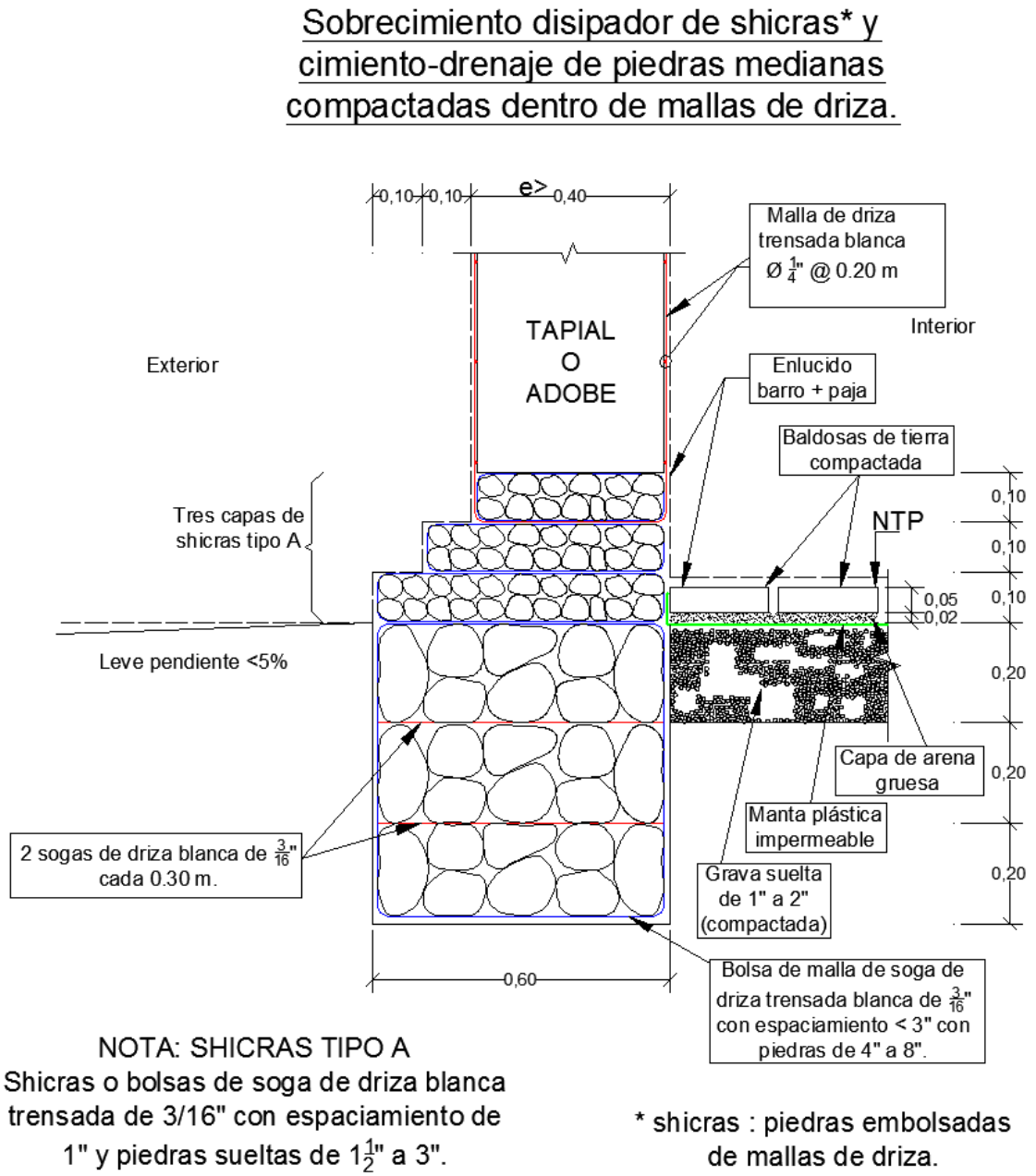


Figura 4. Detalle de cimiento de piedras medianas compactadas y embolsadas con drizas trenzadas blancas de 3/16" de diámetro y sobrecimientos formados por shicras de piedras pequeñas que actuaran como disipador sísmico. En muros interiores las 3 capas de shicras tendrán el mismo ancho que el muro

En Caral, al investigar la Pirámide La Galería, se encontró capas de shicras soportando muros de mampostería de piedra asentada con tierra, tal como ahora se propone en la figura 4 para casas de tierra. En la figura 5 se muestra un ejemplo de aplicación y un detalle ampliado.

Los constructores de Caral, descubrieron que las shicras remplazaban el uso de morteros de tierra arcillosa que era escasa en áreas de depósitos eólicos. Con ello además lograban

pirámides de núcleos estables sismo resistentes, con fachadas de piedra asentadas y enlucidas con barro arcilloso de gran calidad.

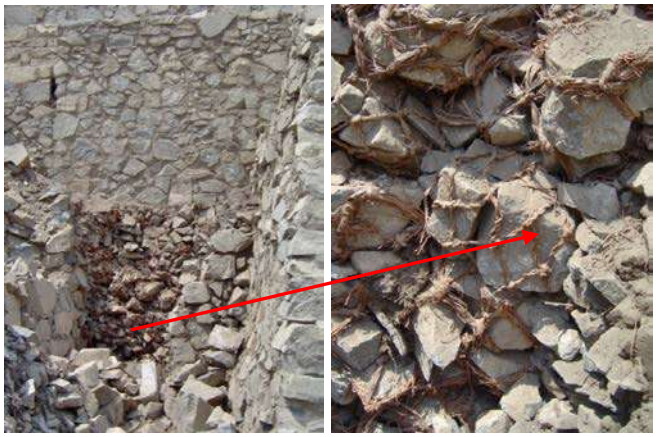


Figura 5. Sobrecimientos de shicras para soportar muros de mampostería.

10. LOS MUROS

El diseño de una construcción con tierra, se centra en el diseño de los muros, elemento fundamental para su resistencia sísmica.

El diseño de un muro debe estar basado en su resistencia, estabilidad y desempeño o comportamiento post agrietado.

10.1 Diseño basado en la resistencia

En áreas sísmicas, el diseño por resistencia es necesario, pero no suficiente. Los picos de la señal sísmica producen frecuentemente esfuerzos mayores a los resistentes creando fisuras, desarticulación entre muros y colapsos parciales de pedazos de muros o colapsos totales.

En primer lugar debe cuidarse en obtener la máxima resistencia del material en base a las dos pruebas de campo descritas.

Muros anchos, densidad de muros, disminución del número y tamaño de las aberturas (ventanas y puertas) son soluciones para aumentar la resistencia.

Los muros no serán menores a 0.4 m. Las ventanas deben estar centradas en los muros y tener dimensiones menores a 1.2 m por lado.

La disminución del peso del techo, reducirá las cargas sísmicas en los muros y cimientos.

10.2 Diseño basado en la estabilidad

El diseño por estabilidad es necesario, pero tampoco suficiente. El ancho y la esbeltez de los muros (relación entre alto y ancho), son variables importantes en el volteo parcial o total de los muros. La esbeltez adecuada en construcciones de tapial o de tierra en general, no debe sobrepasar el valor de 6 en áreas de mayor sismicidad, ni de 8 en zonas de sismicidad intermedia.

Es posible también considerar muros de ancho variable, con anchos mayores en la base que en el borde superior. Al bajar el centro de gravedad, los muros se voltean con mayor dificultad.

La resistencia y estabilidad de los muros depende de sus condiciones de apoyo en los bordes, es decir, si se apoya en uno, dos, tres o cuatro lados. Por ello, la existencia de muros transversales o contrafuertes es importante y la conexión entre muros y techos es indispensable. La distancia entre contrafuertes o muros transversales no debe ser mayor a 10 veces el ancho del muro en zonas de mayor sismicidad y 12 en zonas de sismicidad intermedia. Los contrafuertes tendrán por lo menos el ancho de los muros que arriostran y

tendrán una longitud igual o mayor a 3 veces su ancho. La altura puede ser igual o mayor a los 2/3 de la altura de los muros que arriostran.

10.3 Diseño basado en el comportamiento. Uso de refuerzos.

Los terremotos son recurrentes y el daño sísmico es acumulativo. Por tanto, la vida no agrietada de un muro es muy corta comparada con su vida post agrietada. Conviene entonces preparar las construcciones a soportar sismos sin que se produzca el colapso de los muros. Por razones de seguridad de vida, este criterio de diseño es indispensable.

La forma de evitar el colapso es controlar los desplazamientos entre los pedazos de muros agrietados, en base a la utilización de refuerzos de materiales con mayor capacidad de resistir tracciones, que además sean compatibles con el material tierra. Ser compatible significa no perjudicarlo durante los eventos sísmicos, por causas de mayor dureza o rigidez.

Los elementos de acero o concreto armado serán considerados incompatibles por la experiencia acumulada en la observación de campo post terremotos.

Los refuerzos más adecuados son las sogas naturales o drizas sintéticas que se puedan adquirir hasta en las zonas rurales de todos los distritos del territorio sísmico. Constituyen una variante a las geomallas polimeras de difícil adquisición y mayor costo. Las sogas serán colocadas en forma vertical y horizontal, formando mallas que forren los muros por ambos lados con separaciones que impidan la caída de trozos de muros agrietados, por tanto no mayores a 0.25 m. Las mallas serán conectadas de cara a cara de los muros con sogas de 3 mm de diámetro o más. Las mallas de refuerzo tendrán por lo menos una resistencia última de 3 KN/m, tal como se desprende del análisis del ensayo en mesa vibradora realizada en la PUCP (SENCICO; 2007). En la figura 6 se aprecian algunas drizas ensayadas en la PUCP, durante la reciente investigación “Fisuras IV: DGI 70242.2088” (Blondet; Vargas, 2012-13) en curso.

Figura 6. Cabos o drizas sintéticas, ensayadas en el laboratorio de la PUCP

Otro refuerzo indispensable será el de la viga collar superior de madera, que servirá para garantizar el comportamiento conjunto de los diferentes muros y la adecuada conexión entre muros y techos. La disposición de viga collar en forma de escalerilla, es una solución comprobada, que bien diseñada, puede poseer una rigidez transversal semejante a la de los muros. La viga collar se sujeta a los muros y sobrecimiento a través de las mallas.

11. LOS TECHOS

Los techos en primer lugar deben ser estructuralmente seguros para garantizar la vida de los ocupantes, formados por tijerales que no originen empujes en los extremos superiores de los muros que les sirven de apoyo. Los tijerales son normalmente hechos de madera y tendrán una configuración que utilice tensores horizontales para cumplir con la premisa anterior.

El diseño debe adicionalmente garantizar el menor peso posible, para disminuir las fuerzas de inercia sísmicas. Esto implica a los tijerales mismos, pero también mayormente a la cubertura. La cubertura liviana debe ser impermeable, térmica y en lo posible acorde con el carácter vernáculo del lugar.

Los tijerales deben estar conectados por una viga cumbrera colocada en el vértice superior. Normalmente las bridas inclinadas superiores soportan una capa de cañas de diámetro menor, preferentemente sólidas y no huecas, por durabilidad. Sobre esa capa es posible colocar paneles rectangulares de paja-barro como aislante térmico, de mínimo 50 mm de espesor.

El paja-barro es una mezcla conformada por un núcleo de paja (con aire y textura de un nido tupido, que se hunde en una bandeja de barbotina (tierra arcillosa líquida) y se seca lentamente por no menos de 14 días.

Conviene construir las planchas o paneles de a pie de obra, por su fragilidad y para ahorrar traslados. Los paneles de paja-barro se encajan entre largueros horizontales de madera de sección rectangular de 50 mm de ancho y 100 mm de alto, previamente sujetos cada 0.6 m aproximadamente, con clavos y amarras o tientos a los tijerales o vigas del techo.

La cubertura final pueden ser planchas onduladas impermeables fijadas a los largueros con pendiente 1:2 o alternativamente manojos de paja tipo icchu de 0.6 m de largo, atados a listones rollizos horizontales colocados cada 0.20 m con pendiente 1:1 y que se cambia cada 4 años. Los manojos se apoyan en tres listones. El sistema de listones está sujeto con sogas a la cumbrera y se apoya sobre una manta sintética impermeable. No puede clavarse los listones para no perforar la manta.

Finalmente, como se ha mencionado, la conexión techo-muros es muy importante porque cambia a favor el esquema estructural. Los tijerales pueden clavarse a la viga collar de madera, que a su vez está conectada a los muros a través del refuerzo de drizas trenzadas blancas verticales.

12. LOS PISOS

Los pisos deben ser secos, cálidos y con poca dureza.

No es un problema directamente estructural, pero es parte de la concepción de aislamiento de la humedad, que si tiene implicancia en el comportamiento estructural.

Para evitar la humedad por capilaridad, debe existir una capa no menor de 0.2 m de grava o piedras sueltas de 1”a 2”, sin mortero, que permita la percolación e impida el ascenso del agua por capilaridad. Sobre esta capa puede asentar sobre arena gruesa, una capa de baldosas de tierra cruda colocadas en seco, (fraguadas con mortero de barro), enlucidas con varias capas delgadas de paja y barro, cada vez más finas, con algún estabilizante natural para evitar la erosión, terminadas con frotación de piedra lisa. Es conveniente evitar que la tierra llegue a la capa de piedras, impida la percolación y corte de humedad por capilaridad, para ello se colocará una tela plástica o manta impermeable. El concepto de mantenimiento de esta superficie higiénica en muy importante. Ver figura 4.

13. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL TAPIAL

La resistencia a tracción del tapial que es la característica mecánica dominante debido a su debilidad y fragilidad, deberá ser evaluada en laboratorio en probetas cilíndricas de 0,15 m de diámetro y 0,30 m de altura, de tierra compactada, a través de ensayos de tracción indirecta o ensayo brasileño (como el especificado para el concreto simple, por Lobo Carneiro o ASTM).

El espécimen debe realizarse con el material equilibrado por la prueba de campo de Control de Agrietamiento, con una humedad de alrededor de15 %. Un suelo aceptable para la construcción con tapial, debe resistir más de 0,05 MPa de tracción (Vargas et al, 1984).

14. REFLEXIONES FINALES

El objetivo de resumir los conocimientos acumulados después de 40 años de estudios e investigaciones sobre la técnica de tapial, no es otro que el contribuir a la actualización e inclusión de esta técnica en la revisión de la norma peruana que se encuentra en la etapa final de ejecución. Se confía que la difusión de este conocimiento sea útil para las regiones con actividad sísmica y con condiciones de hábitat semejantes. Debe difundirse en resumen que la técnica del tapial, es la más económica, rápida, durable y resistente, que se conoce en el mundo de la construcción con tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bischof, H. (2009*). Los períodos arcaico tardío, arcaico final y formativo temprano en el valle de Casma*: evidencias e hipótesis. Boletín de Arqueología PUCP, n°13.

Blondet, M.; Vargas, J., investigadores, Sosa, C.; Soto, J., graduandos. 2012-13. Fisuras IV. DGI 702422088. PUCP. En curso. Lima, Perú

Fukuyama, H.; Fujisawa, M.; Abe, A. (2012). Shaking table test on seismic response characteristics of shicra foundations at the Las Shicras archaeologic site, Peru. Terra Conference 2012. Lima, Perú.

Kachi, T.; Seki, M.; Kobayashi, M.; Ohki, M.; Nagao, T.; Koseki, J. (2011). Test for confirming the performance of ballast track structures reinforced with geotextile materials. *Journal of the Japanese Geotechnical Society*. 2011.

SENCICO, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2007), Jesús Carpio. *Investigación de refuerzo en construcciones de tapial*. Lima, Perú.

Vargas, J. (1993). Edificaciones de tapial sismoresistente. 7° conferencia Internacional sobre el estudio y conservación de la arquitectura de tierra. *Terra 93*. Silves, Portugal.

Vargas, J. et al (1984). *Resistencia sísmica de la mampostería de adobe.* USAID/PUCP, Publicación DI-84-01. PUCP. Lima, Perú.

Vargas, J. et al (2011). *Evaluación estructural del edificio piramidal La Galería*. Proyecto Especial Arqueológico Caral-Supe. Fondo del Embajador EEUU. Archivo. Proyecto PEACS. Caral, Perú.

Currículo

Julio Vargas Neumann, Ingeniero Civil Universidad Católica del Perú. Docente e investigador de construcciones de tierra, Perú. Miembro de los Comité Científico ISCEAH, ISCARSAH, ICORP y ISCS, Miembro de Icomos Perú, Miembro Consultivo de la Red Iberoamericana PROTERRA.

EL HORNO DE ESTEPA: CALOR SIN LEÑA

María Brown Birabén, Raquel Martínez Fernández, Mariana Mas Gómez

ESTEPA - Estudios Sobre Tierra: Energía, Patrimonio y Ambiente
Paredes de Nava, Palencia, España Tel. (+34) 652 501080
estepa1@gmail.com

Palabras claves: patrimonio en tierra, sostenibilidad, herramienta didáctica, desarrollo rural

Resumen

Desde sus inicios ESTEPA dedica gran atención al horno de Tierra de Campos, la estepa cerealista al norte de España. Este olvidado artilugio es un híbrido ingenioso de horno de barro y *gloria castellana*. Las glorias castellanas son conductos bajo el suelo utilizados hasta hace pocas décadas para calefactar los edificios, herencia directa de lo hipocaustos romanos. En ellas el combustible se hace arder gracias al tiro provocado por la chimenea al otro extremo de la boca; el calor recorre el ducto entibiando el suelo y el ambiente contiguo.

El horno de estepa es, pues, una *gloria en miniatura*: desde un conducto inferior se quema combustible de escaso valor térmico -paja o ramaje fino- forzando el calor hacia la chimenea y calentando a su paso el interior del horno de adobe montado sobre el conducto. Cuando el calor acumulado es suficiente, la cocción tiene lugar por inercia térmica. Sin leña ni carbón, utilizando sólo barro y paja, como fue durante siglos en esta geografía sin árboles.

Gracias al inestimable testimonio de las ancianas (cocineras) y los ancianos (constructores) de los pueblos esteparios, y a la documentación de vestigios y ruinas, ESTEPA realiza un prototipo exitoso y estandariza este horno, rescatando más allá de la transferencia tecnológica de mayores a jóvenes, un patrimonio inmaterial: trucos de construcción y uso, recetas, vocabulario asociado. Así, desde 2006 lo difunde en talleres de construcción y sostenibilidad, reintegrándolo como equipamiento público patrimonial en pueblos de la región, y como emblema de excelencia energética y ecoeficiencia mucho más allá de la tierra que lo vio nacer.

Pero aún más: esta recontextualización que trasciende el rescate patrimonial y se encuadra bajo el prisma contemporáneo de la sostenibilidad, no se agota en el interés ecológico que el horno pueda despertar en el mundo desarrollado. Sostenible también es su adaptación en programas de cooperación al desarrollo en áreas rurales semidesérticas o desforestadas de Latinoamérica o África, donde cocinar llega a ser una odisea. O en el amplio abanico de periferias urbanas degradadas donde el gas y el carbón son caros pero el cartón usado, abundante y gratuito.

Como satisfacción final, la réplica continua de este horno ha superado las expectativas de ESTEPA, revelándose como una herramienta didáctica múltiple. Fabricación de piezas, muros de adobe y tapial; albañilería; construcción e intersección de arcos, bóvedas y cúpulas; revocos aislantes y enlucidos... construir este horno transmite muchas destrezas en un lapso relativamente breve. Y luego queda mucho por cocinar.

1. ANTECEDENTES

La segunda mitad del siglo XX trae cambios mundiales profundos. Occidente consolida nuevos modelos en todos los ámbitos del quehacer humano, con consecuencias más o menos inmediatas en el resto del planeta. El mundo rural no es ajeno a esta veloz transición que culmina en el declive inexorable de los sistemas vernáculos de producción y organización social. Tan veloz es el cambio, que la generación de españoles que nació en casas sin agua sirviendo a señores, vive todavía y hoy usa internet. Es la última generación testigo de las políticas de concentración parcelaria, la llegada de nuevos sistemas productivos, la irrupción de combustibles fósiles accesibles y de materiales industrializados, la electrificación rural, la mejora de la red de transporte; de cómo todo ello traía importantes progresos a la vez que condenaba al deterioro y al olvido primero, y a la destrucción después, a parte del acervo cultural. La tierra como material de construcción, sus edificios y

oficios, no se salvaron; tampoco los sistemas tradicionales de calefacción y cocina asociados que hoy nos ocupan.

Cincuenta años después, un grupo de adolescentes que ha aprendido a hacer adobes quiere construir con ellos algo útil: un horno tradicional. Pero no encuentra ninguno para copiar en el pueblo anfitrión de su taller juvenil, ni en los pueblos vecinos. Es 2006. Llevan una semana participando en "Las Artes del Barro", innovador campamento estival ofrecido por el Ayuntamiento de Santa Eufemia del Arroyo, pequeño pueblo de la provincia de Valladolid, en la Castilla española. Ya saben reconocer el patrimonio circundante: edificios, palomares, chozos, bodegas, en ruinas o en uso, siguen allí. Pero los hornos se han evaporado. *Queremos que el horno sea como los de aquí: preguntemos a los mayores*.

Esa inquietud sería la llave capaz de abrir una puerta intergeneracional, conectando el antiguo saber con la nueva curiosidad. El éxito fue rotundo: de la mano de Agapita y Asterio, dos abuelos muy memoriosos y hábiles, se desplegó este pequeño pero funcional horno de estepa. A ciegas, sin haber visto ninguno, gracias a las explicaciones y a la maqueta de Agapita, hecha con una caja de sus propios remedios, y a los trucos constructivos de Asterio, que acompañó la obra de inicio a fin. El día final del taller, a modo de despedida y con el barro aún fresco, chicos, adultos y abuelos calentaron el horno al modo tradicional, con paja, y compartieron las primeras y exitosas pizzas. Ese invierno el grupo presentó su propia ponencia, hecha sin ayuda, en un congreso de construcción con tierra organizado por la Fundación Navapalos. En su powerpoint explicaron la inercia térmica como jamás la verían en un libro. Hijos de una época que exalta la juventud y la modernidad, escribieron al pie de una imagen con los abuelos: *Las manos de los sabios.* A sus catorce años, fueron los conferenciantes más jóvenes de la historia. En la sala había padres, hijos y nietos de los constructores. El aplauso fue prolongado.

Sirva esta hermosa historia de antecedente; fue lección e inspiración añadida en el diseño de un modelo didáctico alternativo que no ha hecho sino crecer, trascendiendo en mucho el rescate del horno de estepa que se presenta aquí.

2. EL CONTEXTO DIDACTICO: ESTEPA, CENTRO NO FORMAL

De la arquitectura de tierra se dicen muchas cosas, se hacen e investigan muchas otras, y se argumentan razones que la enaltecen a medida que los paradigmas que la resucitaran del olvido, se vuelven consenso común. El desarrollo sostenible, el cuidado del patrimonio material e inmaterial, el impacto ambiental y energético, las implicaciones socioeconómicas de la organización del trabajo, son factores que ninguna actividad humana puede ya soslayar -decida respetarlos o no.

Construir con tierra es una de esas actividades donde convergen muchos de estos nuevos paradigmas, pese a tratarse de algo tan ancestral. El esfuerzo por comprender y difundir las ventajas de la tierra en construcción -dentro y fuera de su contexto original- ha sido notorio estas últimas décadas, y los resultados tímidamente alentadores. Esta difusión y retroalimentación crece en los entornos técnico-académicos, en los ecológicos y en los "alternativos", todos grupos que llegan a descubrir la tierra motivados muy diversamente. Aunque algo los unifica: en general han tenido prolongado acceso al sistema educativo formal, y prueba de ello es su sólida argumentación intelectual. En la educación formal a cualquier nivel, el experto forma a un grupo que en el futuro, a través de su buen hacer, difundirá su saber a un nuevo grupo, aumentando la base informada… la información fluye unidireccionalmente desde lo alto de una pirámide.

Pero este método no acaba de calar entre el gran público: la gente tiene cosas que decir y mostrar, y si no hay sitio para el intercambio muchos rechazarán participar como meros receptores. Especialmente en el mundo rural, pragmático, donde el mensaje técnico o divulgativo "formal" se diluye: hoy la mayoría ignora *todo* sobre las bondades del uso moderno de la tierra en construcción. Luego están los argumentos: se vienen repitiendo inalteradamente, responsabilizando de esta desinformación generalizada a las cementeras,

a las malas políticas y a la volubilidad de quienes hace décadas se creyeron la propaganda progresista... tal vez habría que revisar si la falta de calado profundo del mensaje radica no en la debilidad de los argumentos, sino en el propio proceso de comunicación y aprendizaje.

¿Q*uiénes*, *dónde* y *por qué*, se beneficiarían de un conocimiento y un uso más extendidos de la tierra como material moderno de construcción? La respuesta orientará la estrategia alternativa de formación y difusión que llevara a la fundación de ESTEPA - Estudios Sobre Tierra: Energía, Patrimonio y Ambiente, en Tierra de Campos, región multiprovincial del centro-norte español. Entonces, ¿*quiénes*, *dónde* y *por qué*?

- los arquitectos, constructores, restauradores, albañiles, formadores, se beneficiarían por ser su competencia profesional, ensanchando su horizonte de actuación
- los convencidos de los nuevos paradigmas, por elección vital, o por curiosidad
- los habitantes de entornos históricamente construidos en tierra -vivan o no en ellos-, por pertinencia cultural y geográfica, en el mundo desarrollado principalmente
- los habitantes *actuales* de entornos y construcciones en tierra, por pertinencia cultural *y por falta de opciones*, en el mundo en desarrollo principalmente

De la conjunción de los tres primeros grupos extrae ESTEPA su lugar en el mapa geográfico y didáctico; el último grupo, de gran relevancia, será retomado más adelante.

Tierra de Campos no es, pues, un entorno casual: en esta estepa cerealista y antiguo granero de Europa la protagonista ha sido siempre la tierra, vertebrando y conformando el territorio agropecuario y el socioeconómico, pero además y muy particularmente, el hábitat humano: es el material de construcción omnipresente, sin pausas desde la sedentarización humana hasta mediados del siglo pasado. Un interesante “terri-torio” de experimentación e investigación.

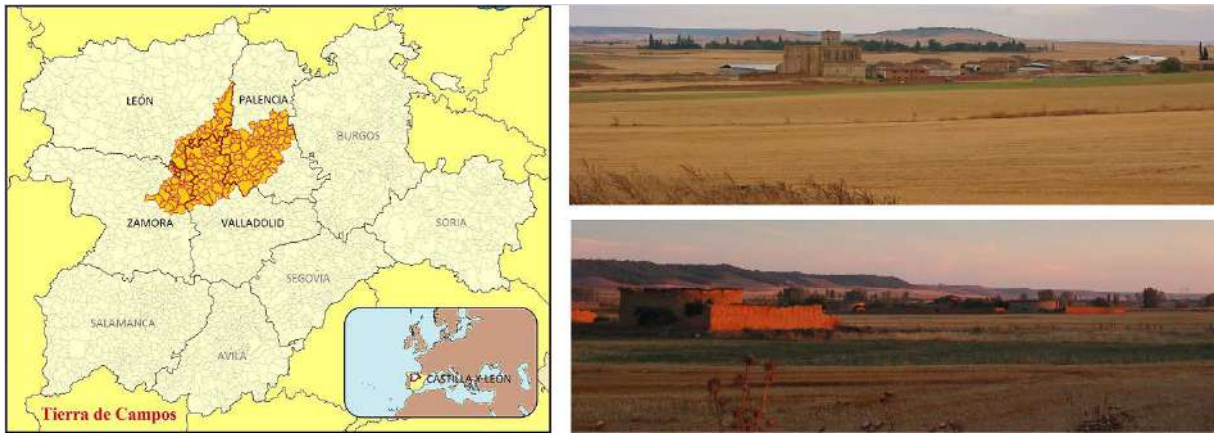


Figura 1. Tierra de Campos en el mapa de Castilla y León, en España

Con un enfoque multidisciplinar y no meramente arquitectónico, ESTEPA prioriza en su oferta formativa el intercambio sobre la transferencia, enfatizando el aprender haciendo y el marco sociocultural de dicho proceso. Su propuesta es itinerante y primordialmente rural, abierta al intercambio entre técnicos, aprendices y vecinos reunidos en una obra-taller. Muchos de estos vecinos son abuelas y abuelos que aportan en cada intervención su saber hacer, su anecdotario, sus trucos técnicos y secretos; su diccionario para aquello que por no hacerse, ya no se nombra. Sin esta cultura inmaterial, la mera puesta en valor de artefactos y técnicas vernáculas, por vigentes que estén a la luz de los actuales paradigmas, palidece.

Las JIAPEC - *Jornadas Internacionales de Adobe Participativo y Equipamiento Comunitario* son el programa de ESTEPA que más fielmente recoge estas inquietudes. Celebradas cada verano, conjugan convivencia intercultural, formación técnica y construcción de un bien público entre participantes de diversos países, idiomas, edades y profesiones. Niños y adolescentes participan paralelamente con ATISBARRO, atisbando el mundo de la tierra desde la experiencia y la ciencia. Construir un horno, caseta, bóveda, juego infantil;

restaurar revocos, reciclar adobes o crear murales decorativos: todo se acomete desde la sinergia de jóvenes y mayores, vecinos y visitantes, inmersos en el marco cultural originario (Brown, 2010). Es en la intersección entre ambos programas como, a partir de 2006, ESTEPA descubre, construye, consolida y difunde el horno de Tierra de Campos.

Figura 2. Hornos de estepa y sus diversos constructores, congregados en las JIAPEC y en ATISBARRO

Un mérito compartido entre técnicos, expertos, aprendices y vecinos de tres generaciones, siete países y quince profesiones, capaces de desdibujar el aprendizaje unidireccional a través del estudio y la materialización de un bien cultural vernáculo (figura 2).

Sin la conjunción de estos pilares de ESTEPA: el terri-torio, la itinerancia rural y la apertura al intercambio participativo didáctico, hoy no habría horno que difundir.

3. EL HORNO DE ESTEPA

3.1. El hipocausto, antepasado romano

Es preciso dar algunas pistas históricas para comprender la morfología y el funcionamiento de este horno de estepa. Morfológicamente, este horno de Tierra de Campos se distingue del tradicional horno de barro, en dos rasgos:

1. tiene dos cámaras conectadas: una inferior para el fuego, que no está en contacto con los alimentos, y otra superior acupulada o abovedada donde, como en todos los hornos, se produce la cocción
2. tiene una chimenea frontal: el tiro de la misma fuerza al calor a recorrer la cámara de cocción, reteniendo el calor y expulsando el humo

Funcionalmente, este horno opera como *una gloria en* miniatura. Pero, ¿qué es una *gloria*?

Para entenderlo será preciso retrotraerse al tiempo de los romanos, puesto que fueron estos conquistadores quienes durante el Alto Imperio introdujeron profusamente en Hispania las termas públicas y privadas, cuyos vestigios abundan aún en la región: en Villalaco, Quintanilla de la Cueza o La Olmeda están las mejor conservadas.

Junto con tantas otras proezas constructivas romanas, las termas evidencian un gran manejo empírico de la fenomenología física a gran escala, por parte de los ingenieros del imperio. Para caldear el *tepidarium* y el *caldarium* -estancias tibias y cálidas de las termas- era preciso evitar incomodidades a los usuarios: el calor focalizado, las corrientes convectoras, el humo, debían descartarse. Así surgió el primer sistema de calefacción por suelo radiante: una combinación de hornos ocultos + una red de *hipocaustos* o conductos soterrados bajo masivos suelos + un conjunto de chimeneas incorporadas a la gruesa muralla envolvente.

Funcionalmente, los hipocaustos resultantes de elevar el suelo mediante pilares y muretes, bóvedas y losetas, hacen circular el aire caliente procedente de los hornos. El suelo sobre ellos, de alta inercia térmica, se calienta radiando el calor a la estancia superior manteniendo una temperatura cálida, mientras las chimeneas evacuan el humo al exterior en altura, sin molestias.

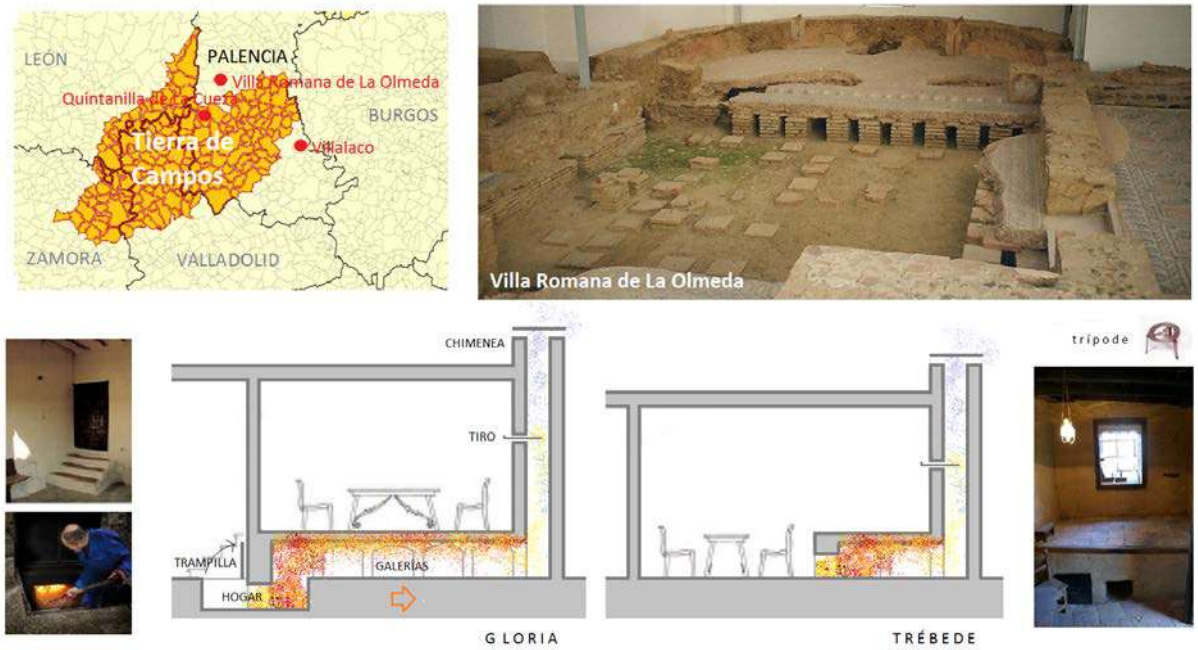


Figura 3.Termas romanas en provincia de Palencia. Hipocaustos y sus herederos: la *gloria* y la *trébede*[1]

3.2. La gloria, pariente castellana

Pasando los siglos, los habitantes que poblaron las mismas tierras tras la caída de Roma se sirvieron de las infraestructuras y sistemas romanos sin modificarlos, preservándolos sin proponérselo para las siguientes generaciones. Tras la reconquista cristiana, llegó la Edad Moderna con la repoblación de un territorio cada vez menos arbolado, más cerealista, más modificado por el hombre. Mucho influyeron las grandes deforestaciones que alimentaran los astilleros en la expansión colonialista española, a partir del Siglo XV.

Los hipocaustos ya milenarios seguían allí, con su conocida capacidad de combustión lenta por regulación del flujo de aire... el sistema se pefeccionó para prescindir de la leña, cada vez más escasa, popularizándose sobre todo en Tierra de Campos y en la vecina región del Cerrato. Y así, quemando paja, ramas finas y desechos agrícolas, este sistema de suelo radiante rebautizado en castellano como gloria ha servido durante siglos para paliar la crudeza de los inviernos castellanos (Prieto, 2013). Tal como su predecesor romano, la gloria consta de tres partes:

1. El hogar o *boca*, donde se introduce y “enroja” la paja, ramaje fino, algo de leña si la hay, u otro combustible -hoy papel o cartón- para su lenta combustión. Con un volumen aproximado de 1 m^3, la boca a nivel del suelo lleva una tapa o trampilla de chapa y se sitúa en la cocina o en el exterior aledaño, cerca del almacenamiento del combustible.
2. Las galerías o *canales* bajo el suelo. Con un canal principal y generalmente otros secundarios, recorren las dependencias principales del edificio, las más frecuentadas y de vida común. Su sistema constructivo, de muretes y bóvedas de adobe o ladrillo con una capa de carga de acabado embaldosado, suele resultar en un nivel de suelo sobreelevado para estas estancias caldeadas, a la vez que proporciona la necesaria estanqueidad al humo y la inercia térmica que prolongará el efecto radiante.
3. La chimenea o *humero*, que sube rematando el trayecto del canal principal. Vaciada en el muro o adosada a él, tiene como cualquier chimenea un “tiro” de chapa accionable desde el interior, que se cierra al tiempo que la trampilla del hogar una vez encendida la gloria, conservando el aire caliente y regulando la combustión.

El sistema ha proporcionado con bajo gasto energético, ese confortable calor radiado que hizo sentirse en la gloria a decenas de generaciones, justificando la perduración del nombre.

Existe también un pariente menor de la gloria: la trébede, que además de calefacción servía de hogar para cocinar. El vocablo deriva del latín tripĕdis, trípode de hierro que facilita la cocción de alimentos elevando la olla sobre el fuego: precisamente la trébede es una elevación parcial del suelo de la habitación, con el hogar en la misma dependencia, donde se combinan cocina y gloria. Es una solución más económica pero igualmente funcional.

Lo cierto es que, hasta la segunda mitad del siglo XX, la gloria y la trébede conformaron el sistema de calefacción y cocina castellanos, junto al hogar tradicional. En palabras de un vecino: *era la calefacción que se usaba en la habitación común de la casa. Donde nos reuníamos todos después de trabajar: el padre en el campo, la madre en la casa, los críos en la calle y escuela...* (Villalaco, 2010, p.493).

Cabe agregar que existen edificios bioclimáticos recientes en la región, construidos en tierra, y que incorporan glorias además de energía solar y acumulación pasiva, hermanando el aporte milenario al contemporáneo en su propuesta sostenible (González et al, 2003) (figura 4)

Figura 4. Viviendas bioclimáticas de tierra en Amayuelas de Abajo, Palencia, 2000

Volviendo atrás en el tiempo, una cosa llevaría a la otra. Con ingenio autóctono se dedujo que si tan eficaz era la gloria para caldear ambientes, por qué no habría de serlo para, concentrando el calor, calentar hornos: así, hace un indefinido número de siglos, nace el horno de estepa, de enroje o de arrosie.

3.3. El horno de doble cámara

Este es un horno que funciona, efectivamente, como una gloria en miniatura: se inicia el fuego con manojos de paja, ramaje pequeño y papel; con movimientos secos y fuertes se arroja la paja y los manojos en la "mini gloria" inferior, o túnel de fuego. Debido a sus dimensiones no es preciso abovedar el túnel, basta con acuñar dos adobes en pendiente, generando un espacio de sección similar mucho más sencillo de ejecutar.

La chimenea frontal hace de tiro y fuerza al calor a atravesar la cúpula, que se calienta gradualmente. Este proceso se conoce como *arrosiar* o *enrojar* el horno.

Cuentan las abuelas de los pueblos que para casarse, era requisito visitar a la futura suegra y hornear juntas, una excusa que permitía examinar a la novia sobre su habilidad para enrojar el horno con un mínimo de combustible, de humo y de tiempo. Y que, por realizarse agachada o de rodillas, exigía coordinación de brazos fuertes, piernas firmes y espalda resistente. *Si no sabes enrojar, no sabes mantener tu hogar, tu fuego: no puedes casarte*.

La alta inercia térmica permite acumular calor gracias a la tierra cruda que constituye todo el horno, de gruesos cerramientos de adobe. Debido a la geometría aproximadamente semiesférica el calor es irradiado de modo uniforme, permitiendo la cocción perfecta de los alimentos. En ausencia de termómetros, para conocer la temperatura adecuada es imposible meter el brazo o acercarse demasiado. Por eso existían *las tocas*: varas largas en cuyo extremo, a modo de banderín, se atan unos trapos mojados que se introducen sin peligro de quemaduras. El tiempo que tardan en secarse indica la temperatura correcta, que varía según el tipo de alimento. Luego están las palas de horno, por todos conocidas.

Figura 5. Difusión del horno de estepa en la avalada revista española EcoHabitar (Brown, 2013)

Cuando el horno ya está caliente, se interrumpe el suministro de combustible; se colocan los alimentos a cocer. Se cierran herméticamente las dos puertas, la del túnel y la del horno. Estas puertas de madera (hoy de tablero industrial), forradas en chapa en su cara interna, se hacen a medida de las dos aberturas, para evitar fugas de calor.

Generalmente el horno se encendía una vez por semana para cocer el pan; si había fiesta, algo de carne. La familia aprovechaba todo el calor del horno: luego del pan o la carne, ya menos caliente, bizcochos o bocados pequeños; menos calor, secado de grano o legumbres… al despuntar el nuevo día el horno sigue tibio y entre las cenizas del túnel seguramente habría patatas cocidas al rescoldo, cuentan los mayores.

Hoy la nueva generación de hornos de estepa está pensada para funcionar como la antigua. Así se difunde en talleres, presentaciones, publicaciones (Brown, 2013) (figura 5). No obstante, el horno admite algunas modificaciones de uso propias de los tiempos modernos. Al contar con menos paciencia y más recursos, algunos constructores y usuarios poco propensos al enroje tradicional, ganan tiempo agregando una base de ladrillos refractarios, y mezclando leña en el túnel de fuego; incluso optan por utilizarlo en ocasiones “rápidas” como horno simple, con carbón arriba. Todo ello perfectamente posible: este es un horno versátil, y por eso sigue valiendo fuera de su tiempo y espacio originales.

4. NUEVOS USOS Y DESTINOS

Así, desde 2006 ESTEPA difunde este horno de doble cámara en talleres de construcción y sostenibilidad, reintegrándolo como equipamiento público patrimonial en pueblos de la región, y difundiéndolo por diversos medios como emblema de excelencia energética y ecoeficiencia mucho más allá de la tierra que lo vio nacer.

Pero la recontextualización buscada no se limita al rescate patrimonial, ni se agota en el interés ecológico que el horno pueda despertar en el mundo desarrollado. Sostenibilidad no sólo es "preservar el patrimonio actual para las generaciones venideras" - esa es la visión de quien *tiene* algo que preservar… Sostenibilidad también significa contribuir a la recuperación y mejora de los recursos y oportunidades perdidos por las generaciones pasadas y actuales en medio planeta, fruto del vaciamiento histórico o del expolio.

Figura 6. Las realidades a atender y la capacidad conjunta para hacerlo

¿Qué puede aportar un horno de barro que quema residuos en esta recuperación? Puede introducirse y adaptarse en programas de cooperación y desarrollo local en áreas rurales semidesérticas o desforestadas de Latinoamérica o África, donde cocinar llega a ser una odisea por falta de combustible, de agua, de cocinas apropiadas. Tal vez contribuya a mitigar las desigualdades de género, puesto que el rol de cocinera es de mujeres y niñas: son ellas quienes buscan y cargan leña por kilómetros durante horas, sufren lesiones crónicas de espalda, arriesgan su seguridad personal, se exponen a quemaduras y humos constantes en fogones deficientes. O quizás contribuya a diversificar los alimentos disponibles, enriqueciendo la dieta: en algunos lugares sin electricidad la conservación de productos animales se hace por ahumado. En el Sine-Saloum senegalés, por ejemplo, las mujeres han mostrado mayor interés en secar pescado y mariscos que en hornear pan.

Además del entorno rural, no hay que olvidar el amplio abanico de periferias urbanas degradadas, donde el gas y el carbón son caros pero el cartón usado, abundante y gratuito.

Reciclarlo para combustible sería un buen favor sanitario adicional en estos barrios.

ESTEPA no ve utópica la tarea: entre sus filas hay profesionales que trabajan en África y Latinoamérica en proyectos de arquitectura de tierra y materiales locales, en programas de formación y en prevención de desastres asociados; y con una investigación abierta en género, energía y desarrollo local. Las experiencias propias en Mali, Burkina Faso, Senegal, Haití, Guatemala, Perú, México y Argentina demuestran que muchos grupos locales están bien organizados, saben formular participativamente proyectos de su interés, dominan la mecánica de las formaciones, las llevan a cabo con éxito, los resultados impactan positivamente en su comunidad, y su propio aporte enriquece el proyecto original (figura 6).

Al comienzo se había identificado este sector, el culturalmente inmerso en la tierra y carente de opciones, al preguntarse ESTEPA *quiénes, dónde y por qué* se beneficiarían de una mayor presencia la tierra como material en sus vidas diarias, ya sea en edificios o artefactos. Este "sector" es el más extenso al que es posible dirigirse: una suma de pueblos y culturas esparcidas por el mundo; con recursos, necesidades y soluciones muy diversas. Sólo adaptado a esa diversidad, el horno de estepa podría ser un aporte: *como horno de sabana, de altiplano, de barrio*. El intercambio participativo es, también aquí, el reto más prometedor.

5. UN HORNO DIFUSOR DE TÉCNICAS

> *Sobre lo del horno, es lo que más nos piden, (...) es un excelente recurso didáctico, ya que nos vale para enseñar todas las técnicas de la tierra y aplicarlas: albañilería además de arcos, bóvedas, cúpulas sin cimbra, y sus intersecciones, además de enfoscados aislantes y acabados. Y el fuego es convocante y los curiosos acuden, y (...) después nos comemos algo horneado. Sin madera ni carbón, además* (Brown, 2012, en correo electrónico a un colega formado).

En este correo de 2012 entre colegas, los formadores de ESTEPA resumen en pocas líneas la sinergia de motivos que interesan a la gente, pero además se pone en evidencia algo en un principio inesperado, y que fue descubriéndose horno tras horno: su versatilidad didáctica al servicio de la difusión de técnicas diversas, con las que construir mucho más que hornos.

Sin ahondar en el proceso constructivo, desde la mezcla del barro para los adobes hasta la coronación de la chimenea y el revoque del horno, hay lugar para muchas adaptaciones a los recursos existentes. Pese al protagonismo del adobe original, se reflexiona con los aprendices sobre la importancia de salirse del libreto, echando mano a cuanto hay alrededor valorando el tiempo disponible, y plasmando una identidad estética propia. Prueba de ello es que de todos los hornos construidos participativamente por ESTEPA ninguno es igual a otro.

Empezando por los materiales: ¿Hay tiempo y espacio, tierra arcillosa y paja suficientes? Se moldean los adobes, rectangulares para la base y trapezoidales para la cúpula, y se construye a medida que se secan. ¿No los hay, pero en cambio se dispone de piedras o ladrillos? Se construye la base combinando materiales y cuidando la conformación del túnel de fuego, mientras se moldean y secan los adobes para cúpula y chimenea. ¿Se dispone de una prensa de BTC? La base puede hacerse con ellos. En el Sahel africano por ejemplo, el BTC está muy difundido (demanda poca agua); no hay que dudar en incorporarlo.

¿Se tienen tableros y una tierra más granular? Se levanta la base con dos tapiales confinando el túnel de fuego. ¿No hay tiempo para hacer tantos adobes? Se conforma la cúpula en *cob*, técnica de tierra amasada propia de sitios tan diversos como Inglaterra o Camerún, con un encofrado de arena que luego se vacía por la puerta... ¿Es preciso elevar mucho la chimenea y su peso sería excesivo? Puede rematarse a media altura y continuar en quincha, entramando varillas y barro, o mediante conductos comercialmente disponibles.

¿Son muy fríos los inviernos, las noches?¿Cuánto llueve?¿El horno estará al aire libre o bajo techo? Hay que optar por una capa aislante y un acabado acordes. La cal intervendrá en algunos casos, y es otro tema de estudio.

Además hay que abordar técnicas de construcción compleja: ¿Es un taller de principiantes? Se simplificarán arcos, bóvedas y cúpulas, y sus encuentros, reemplazando parte de ellos

con sistemas planos más fácilmente acoplables, enfatizando las prácticas básicas de albañilería. ¿Los participantes son técnicos, o tienen experiencia? Se abordarán geometrías curvas y su generación, construcción, intersecciones, descargas, etc.

Y finalmente, en proyectos de desarrollo local en terceros países cabe preguntarse:¿existe otro artefacto o sistema propio utilizado en horneado o secado, que haga innecesaria la introducción del horno, o que pueda enriquecer la versión local?¿Existe una técnica propia o un material para incorporar? El aprendizaje técnico también es de ida y vuelta.

6. REFLEXIÓN FINAL

Aquellos hornos de estepa originales se enfriaron definitivamente hacia mediados del siglo XX, destinados luego al olvido y a la piqueta. Cincuenta años después, un grupo de adolescentes y de ancianos vuelve a construir uno. ESTEPA es testigo, comprende su valor y lo recupera para relanzarlo en un mundo distinto, inmerso en nuevos retos: el desarrollo sostenible, el valor del patrimonio humano, el impacto energético, las asimetrías globales.

Ya se trate de hornos o de otra cosa, construir con tierra es una de esas actividades donde convergen muchos de estos nuevos paradigmas: la nueva perspectiva ha venido al rescate del saber antiguo, regalándonos un reencuentro del moderno hombre lógico con el ancestral y talentoso hombre práctico. Su propio antípoda, su propio antepasado, él mismo.

Gratitud infinita a todos los que reencendieron el fuego, reavivando ese calor sin leña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brown, M. (2010). ESTEPA: nuevas estrategias para encantar con la tierra. En: *Actas IX SIACOT / digitAR - Revista Digital de Arqueologia, Arquitectura e Artes*. Coimbra: *digitAR*. Disponible en http://iduc.uc.pt/index.php/digitar/article/view/1426

Brown, M. (2013). Construcción de un horno de adobe, en *EcoHabitar*. Teruel: EcoHabitar, Nº37, pp. 38-39

González, M.; Silva, J.; Valbuena, F. (2003). La tierra y el sol como elementos básicos de la arquitectura: las diez viviendas de Amayuelas de Abajo, Palencia, España, en *Informes de la Construcción.* Madrid: CSIC, *Vol 55, Nº 486,* pp 25-34. Disponible en http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/552/627

Prieto, N. (2013) *Gloria Castellana*. En Tectónicablog. Disponible en http://tectonicablog.com/?p=63784

Villalaco (2010). *La Gloria*. Disponible en http://villalaco.net/web/?p=493

Nota

(1) Imágens CC BY-SA 3.0. Hipocausto: ? 2004, http:commons.wikimedia.org.wiki/File: Hypocaustum.jpg?uselang=es#file; Trépede: Montgomry, 2011, en http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Casa_de_San_Mart%C3%ADn_-_Cocina.jpg.

Currículos

María Brown Birabén. Arquitecta, Maestría Energías Renovables, Posgrado Género Energía y Desarrollo Local. Presidenta de ESTEPA. 30 proyectos y obras en materiales locales: Senegal, Haití, Burkina Faso, Mali, Chile y Argentina, varios con ONGs (Arquitectos Sin Fronteras, Cruz Roja, Misereor). 20 años de diseño didáctico y docencia sobre tierra, energía y hábitat seguro.

Raquel Martínez Fernández. Arquitecta, Máster en Restauración, Especialista en Cooperación. Ponente en VI y VII Congresos sobre Tierra en Cuenca de Campos. Organizadora del VIII. Redactora de la provincia Segovia para el proyecto “Bienes de Interés Patrimonial Etnográfico de Castilla y León”. Miembro de ESTEPA y administradora de la lista de Arqui-terra.

Mariana Mas Gómez. Arquitecta, Posgrado Energía y Medio Ambiente, DSA CRATerre-ENSAG. Proyectos en México y España. Cooperación en terreno en proyectos en comunidades indígenas de Guatemala. Secretaria de ESTEPA. Vicepresidenta del CETAR -Centro de Estudios sobre Territorio y Arquitectura Rural. Formadora y organizadora de cursos en construcción con tierra.

¿CUÁLES SON LAS OPCIONES PARA IDEAR HOY NUESTRAS VIVIENDAS? MIRADA CRUZADA ENTRE SUIZA Y HAITÍ

Elsa Cauderay, Julien Hosta, Marco Sonderegger

CArPE, Collectif d'Architecture Participative et Ecologique, Lausanne, Suiza.
carpe.architecture@gmail.com

Palabras clave: capacitación, participación, vivienda rural, edificio público, culturas constructivas

Resumen

El colectivo de arquitectura participativa y ecológica CArPE, está basado en Lausanne, Suiza. Desde 2008, CArPE diseña y construye, con materiales locales, una arquitectura contemporánea, *low-tech* y bioclimática. Su compromiso no se limita únicamente a la valorización de la utilización de materiales locales y al uso eficiente de la energía. Al trabajar en obras participativas, el colectivo se integra directamente al proceso mismo de la construcción, cuestionando la división clásica de los papeles de decisión, construcción y uso en los proyectos.

Presentando trabajos recientes efectuados en Suiza y Haití, el colectivo desea mostrar que el factor principal de los proyectos que desarrolló o en los que colabora se basa en la capacidad de los diferentes actores y actrices de apropiarse o reapropiarse su hábitat. Por reapropiación del hábitat se entiende el proceso mediante el cual los habitantes y las habitantes vuelven a adquirir la capacidad de tomar decisiones y de tener un impacto real sobre todos los componentes de su hábitat, desde su conceptualización hasta su uso, pasando por su construcción. Esto implica una comprensión compartida de factores que no se pueden reservar a una élite de especialistas.

El primer ejemplo, Eco46, es un proyecto piloto en Suiza. Entre 2009 y 2012 el colectivo ha diseñado el edificio de oficinas municipal eco46 de acuerdo con principios bioclimáticos y con materiales locales en Lausanne, Suiza. El objetivo de la operación era desarrollar o fortalecer los sectores de construcción locales y sensibilizar a través de un proyecto piloto. Se puso en marcha un proceso participativo didáctico para permitir la transferencia de capacidades dentro del ámbito profesional.

El segundo ejemplo, es un programa de vivienda rural en Haití. Desde el 2010 el colectivo participa en un programa de reconstrucción después de los desastres en las zonas rurales del país. La particularidad de este programa es que lo ejecutan asociaciones haitianas en lugar de ONGs extranjeras. Todas tienen actividad en el área agroforestal y son miembros de la PADED (Plataforma agro-ecológica de desarrollo sostenible). Este programa tiene como objetivo revalorizar el conocimiento local en materia de construcción y fortalecer las competencias, especialmente en construcción antisísmica y para-ciclónica, integrando el hábitat al contexto rural actual.

A través de estos dos ejemplos radicalmente diferentes, se presenta el análisis del «proceso de reapropiación del hábitat» siguiendo las tres etapas de un proyecto: concepción, ejecución y utilización. En estas tres etapas se estudia en qué manera puede cuestionarse el modelo de producción del hábitat impuesto por la sociedad occidental.

1. PRESENTACIÓN

1.1 El colectivo CArPE

El colectivo de arquitectura participativa y ecológica CArPE, está basado en Lausanne, Suiza. Funciona según un principio de tareas y responsabilidades compartidas. Todas las decisiones referentes a los proyectos se adoptan por consenso.

Desde 2008, CArPE diseña y construye, con materiales locales, una arquitectura *low-tech* y bioclimática, coherente con las tendencias de la arquitectura contemporánea. Su compromiso no se limita únicamente a la valorización del empleo de materiales locales y al uso eficiente de la energía. Al trabajar en obras participativas, el colectivo se integra directamente en el proceso mismo de la construcción, cuestionando la división clásica de los papeles de decisión, construcción y uso en los proyectos.

Basándose en proyectos recientes efectuados en Suiza y Haití (figura 1), el colectivo expone, en el presente documento, su estrategia de capacitación y sensibilización, dirigida a habitantes, profesionales de la construcción, centros universitarios e instituciones de formación profesional.

Figura 1. Ubicación de los estudios de caso

A través de estos dos ejemplos radicalmente diferentes, el colectivo desea mostrar que el factor principal de los proyectos que desarrolló o en los que colabora se basa en la capacidad de apropiarse o reapropiarse su hábitat[1]. Por reapropiación del hábitat se entiende el proceso mediante el cual los habitantes y las habitantes vuelven a adquirir la capacidad de tomar decisiones y de tener un impacto real sobre todos los componentes de su hábitat, desde su concepción hasta su uso, pasando por su construcción. Esto implica una comprensión compartida de factores que no se pueden reservar a una élite de especialistas.

Aunque la decisión de intervenir en estos dos contextos se relaciona con las oportunidades de trabajo del colectivo, es interesante comprobar que son diametralmente opuestos en términos de desarrollo económico, político, social y ambiental. En cifras, Suiza tiene un ingreso nacional bruto por habitante[2] cien veces mayor que el de Haití y una huella ecológica[3] cinco veces[4] mayor. Este artículo trata de establecer paralelismos entre la situación en Haití, donde la construcción debe cumplir con altas exigencias debidas a riesgos naturales, a la deforestación y a la precariedad de la población y la situación de Suiza, en la que debe hacer frente al aumento creciente del consumo de energía en el sector de la construcción y a exigencias de confort cada vez más altas.

1.2 Eco46, un proyecto piloto en Suiza

Frente a los cambios climáticos, que constituyen en una de las principales preocupaciones a nivel mundial, el concepto de desarrollo sostenible propone el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales teniendo muy en cuenta los aspectos medioambientales y sociales, para que en el largo plazo no se comprometa la vida en el planeta. En Suiza, ese concepto se aplica de manera bastante reductora: la construcción llamada sostenible o ecológica casi siempre se opone a la construcción convencional únicamente en término de especificaciones técnicas, a menudo asociadas con una certificación: descripción y caracterización minuciosa del concepto energético, elección de materiales certificados ecológicamente o no. Si hay una valorización del producto, rara vez viene acompañada por una reflexión sobre el proceso. De hecho, es raro tener una descripción del modo de producción, de las competencias necesarias, del origen de los recursos materiales o incluso de la integración de la opinión de la gente afectada. En ese contexto, la construcción en

tierra está fuertemente asociada con una economía ambiental, con valores de sostenibilidad para el sector de la construcción, como es el caso de los biomateriales[5] tipo paja o cáñamo. Estos materiales están atrayendo a cada vez más personas e instituciones en busca de alternativas ecológicas.

Los mandatarios se enfrentan a una falta de capacidades técnicas. Actualmente no existe una formación profesional que integre las especificaciones de estos materiales. La falta de referencias técnicas aplicables en Suiza, como reglas profesionales, limita las posibilidades de su empleo. Hay profesionales que ofrecen cursos o prácticas específicas que integran la tierra cruda. Sin embargo, estas iniciativas siguen estando aisladas y tienen poco impacto en un mercado emergente, que es la expresión de una posible mutación hacia prácticas más ecológicas.

En este contexto, entre 2009 y 2012, el colectivo ha diseñado el edificio de oficinas municipal eco46[6] de acuerdo con los principios bioclimáticos y con materiales locales en Lausanne, Suiza[7]. El objetivo de la operación era desarrollar o fortalecer los sectores de construcción locales y sensibilizar a través de un proyecto piloto. Un proceso participativo didáctico permitió la transferencia de capacidades dentro del ámbito profesional. Las personas que recibieron una capacitación gratuita, tuvieron que practicar en la obra.

1.3 PADED un programa de vivienda rural en Haití.

En Haití, la gran deficiencia y degradación del hábitat, relacionada con los problemas climáticos, además de la situación socio-económica, explica la abundancia de programas de vivienda. El Estado, inexistente en este sector, deja el campo libre a las ONGs[8] nacionales e internacionales. Estos programas de reconstrucción y construcción post-desastre son básicamente cuantitativos, y la producción que se obtiene de ellos parece justificar todos los medios, aunque a menudo están muy lejos de la realidad. Los tipos de vivienda y los sistemas constructivos que se emplean son principalmente soluciones de emergencia, tales como refugios temporales post seísmo hechos con madera contraplacada[9] o lonas. Las soluciones a largo plazo no existen. En estas condiciones, la población haitiana vive en extrema precariedad y se reduce a aceptar limosnas del extranjero sin poder volver a tomar posesión de sus propias decisiones.

El terremoto del 12 de enero 2010 causó alrededor de 250'000 muertos, 300'000 heridos y heridas, y dejó más de 1'250'000 personas sin hogar. Fueron los edificios de bloques de cemento que resistieron muy mal, y que se llevaron muchas vidas. En contraste, la arquitectura vernácula, construida con materiales de la zona, ha resistido mejor y aunque algunos edificios sufrieron daños durante el terremoto, no dieron lugar a cientos de miles de muertos. A pesar de esta evidencia, no se ha cuestionado la adecuación de la tecnología del cemento al contexto. El desastre ha recordado la existencia de un patrimonio haitiano[10] dejado en el abandono pero no ha conseguido revalorizar los materiales locales. Para gran parte de las autoridades y de la población haitiana, la construcción en tierra está muy mal considerada, puesto que la tierra como material es sinónimo de pobreza.

Desde el terremoto de 2010, en lugar de ONGs extranjeras, un programa de reconstrucción en las zonas rurales es ejecutado por asociaciones haitianas[11] beneficiando de la asistencia técnica proporcionada por CRAterre[13], y el apoyo financiero de Misereor[14]. Todas tienen actividades en el área agroforestal y son miembros de la PADED[12] (Plataforma agro-ecológica de desarrollo sostenible). Este programa tiene como objetivo revalorizar los tipos de construcción locales y fortalecer las competencias, especialmente en construcción antisísmica y paraciclónica. En este marco, el colectivo CArPE forma parte de un equipo de apoyo de diez consultores acompañando el proceso *in situ* periódicamente y participando a formular estrategias de acción, diseñar viviendas, organizar juntas de sensibilización o obras de capacitación, y seguir las obras.

A continuación, y basados en cinco años de experiencia del colectivo CArPE en Suiza y Haití, se presenta el análisis *del proceso de reapropiación del hábitat* siguiendo las tres etapas de un proyecto: concepción, ejecución y utilización. En estas tres etapas se estudia de qué manera puede cuestionarse el modelo de producción del hábitat impuesto por la sociedad occidental.

2. CONCEPCION

2.1 Concepción participativa

El primer paso en la planificación de un proyecto es crucial, ya que afecta a todas las otras etapas. Es importante incluir, desde su creación, a los actores y actrices para que puedan participar en el proceso integral. La participación, plasmada en varias formas, es un vector importante de reapropiación. Hoy, la parte de decisión reservada para las personas que utilizan los edificios se limita sólo a la concepción espacial o a decisiones estéticas. Es necesario extenderla para poder también, en parte, determinar la forma urbana e influenciar las elecciones tipológicas.

En la etapa de concepción, el papel de especialista consiste en proporcionar un marco explicativo que ayude a comprender los problemas y permita una elección informada. Facilita y garantiza la calidad del proceso, más que el diseño. Por extensión, la propiedad intelectual de un proyecto debería también ser cuestionada. Esto requiere una posición contraria a la lógica dictada por el "sistema de estrellato"[15] de la arquitectura contemporánea. Hoy, los enfoques participativos se han convertido en una excusa para promover proyectos basados en la rentabilidad económica. En la edificación sostenible se recurre a un estudio de ingeniería para aplicar un concepto sostenible a cualquier proyecto de construcción, sea el que sea. En los programas de ayuda al desarrollo se pone en los presupuestos una columna llamada "participación local" para solicitar fondos. En la realidad, la participación de la población se reduce a unas líneas en la presentación del proyecto.

Para el colectivo CArPE, la participación no es un valor agregado al proceso de producción del hábitat, sino un pilar y una garantía de la sostenibilidad de los proyectos. Las decisiones técnicas adoptadas en el diseño son cruciales porque tienen un verdadero impacto ambiental y económico a largo plazo. El deseo de valorizar los recursos que consumen poca energía y de fortalecer los sectores locales de construcción, teniendo en cuenta los contextos climáticos y ambientales, tiene un efecto en el proyecto.

2.2 Eco46: participación, condición del proyecto piloto

Desde el inicio del proyecto Eco46 en Lausanne, la dirección de obra decidió organizar todo el proceso en forma participativa. Esta voluntad expresada desde el primer momento reforzó el carácter piloto de la operación. Los sobrecostos necesarios para las actividades de capacitación y sensibilización fueron rápidamente aceptados e integrados en el presupuesto general. Esto permitió invitar empresas constructoras y escuelas de formación profesional de la región para que se formaran en la obra. En paralelo, la dirección de obra decidió integrar su propio personal para capacitarlo en técnicas de construcción ecológica.

Desde el principio, el colectivo CArPE pudo planificar y concebir el edificio, teniendo en cuenta las competencias específicas de la dirección de obra a través de sus servicios, tales como la silvicultura, la carpintería, la ebanistería, la albañilería, la horticultura, la pintura y el enlucido, así como sus recursos internos: madera de construcción, maquinaria y equipo. Así el personal de la dirección de obra fue asociado desde el primer momento a la concepción del proceso y participó en la visibilidad del proyecto: visitas para el público, para el personal y para otros servicios municipales, publicaciones, página web, etc. Al asumir las visitas guiadas personalmente, incluso adquirieron un cierto dominio técnico y conceptual del proyecto.

Paralelamente, una reflexión permanente sobre el impacto ambiental acompañó la concepción del edificio. La elección de materiales locales no procesados, tales como la paja, la madera y la tierra ha permitido reducir su consumo de energía gris. La concepción bioclimática, jugando con las propiedades aislantes de la paja y la gran capacidad térmica de la tapia y de los acabados de tierra, incrementó el rendimiento energético en el funcionamiento del edificio.

2.3 La plataforma PADED: un proyecto de ayuda mutua

El objetivo del programa hábitat de la PADED es fortalecer las competencias de la población,

para la construcción y la reparación de viviendas rurales. Se basa en la organización social campesina, y principalmente en la ayuda mutua, una práctica común en el trabajo agrícola llamada *konbit* o *corve*. Las asociaciones de la PADED que participan en este programa han adoptado estrategias comunes, preservando las prerrogativas y las orientaciones propias de sus especificidades locales.

La concepción comenzó con el estudio y el análisis del hábitat vernáculo (figura 2). Esta etapa ha implicado la interacción constante entre el colectivo CArPE perteneciendo al equipo de apoyo de Misereor, las asociaciones de la PADED y la comunidad local. Ayudó a entender las prácticas relacionadas con la producción del hábitat y las tipologías constructivas adaptadas al contexto local. El trabajo de análisis se fue estructurando a medida del avance del proceso de reconstrucción y reparación. Hoy, el equipo de apoyo está retirándose poco a poco y son los equipos técnicos locales que se encargan de adaptar las propuestas de las asociaciones y de extender este trabajo de análisis y sensibilización a las zonas vecinas.

Figura 2. PADED, Haití. Nueva construcción (izquierda) y su referencia vernacular. Photo J.Hosta

El diseño de la vivienda permite su crecimiento futuro. El programa prevé la construcción de un dormitorio con galería. Las familias pueden encargarse de las ampliaciones de manera informal gracias a los obreros y obreras locales capacitados en el programa. El objetivo de las organizaciones de PADED era el de proporcionar subvención en materiales y formación, más que entregar casas llave en mano. De hecho, no hacer toda la casa en el marco del programa les ha permitido llegar a un mayor número de familias beneficiarias. Ya hay algunos ejemplos de casas ampliadas con materiales comprados o recuperados de los edificios antiguos.

Para las asociaciones agro-ecológicas de la PADED, reapropiarse de los sistemas constructivos vernáculos no fue una opción evidente. La vivienda rural de madera, con mampostería de piedra y tierra, transmitía una imagen de fragilidad, inseguridad y precariedad. Sin embargo, estas estructuras relativamente ligeras y flexibles proporcionan buena protección a sus habitantes en caso de terremotos y ciclones, muy comunes en la isla. La mala imagen de la vivienda rural se ve reforzada por el problema de la deforestación que alcanza el 98% del territorio. De hecho, desde el 2001, las principales actividades de las asociaciones PADED en las comunidades agrícolas están vinculadas a la sensibilización y el apoyo para la reforestación. Como parte del programa de reconstrucción, las comunidades rurales, acompañadas por el equipo de apoyo y de las asociaciones de la PADED, fueron capaces de ampliar la discusión sobre buenas prácticas en el uso de la madera en la construcción. Aunque hoy la madera utilizada en el programa es de importación, volverá a ser posible la construcción con madera nativa cuando el trabajo de reforestación haya dado sus frutos. Al organizar la capacitación in situ, los conocimientos se asimilan mejor, lo que también permite extender la vida útil de la madera, a través de buenas prácticas.

3. EJECUCION

3.1 Difusión de la construcción y valorización de los sectores de materiales locales.

La orientación del colectivo CArPE es lograr que los desafíos de la ejecución de un proyecto sean accesibles al mayor número de personas, sea a través de la sensibilización, la formación o las iniciaciones. La formación teórica o el aprendizaje por experiencia *in situ,* son medios para lograr la reapropiación del hábitat. Una ejecución convencional se limita generalmente a una serie de intervenciones sucesivas desconectadas las unas de las otras. Cada grupo profesional trata de mantener su posición privilegiada reteniendo la información. Al contrario, las obras participativas incitan a cuestionar los papeles, las responsabilidades, la jerarquía, o las maneras de trabajar en equipo. En los casos que se describen en ese artículo, se trata de auto-construcción supervisada por profesionales. El objetivo es mejorar las competencias de las distintas personas involucradas, incluso para completar la formación o el intercambio de conocimientos.

La industrialización de los materiales de construcción, incluyendo los materiales certificados ecológicos, hace olvidar que hay materiales disponibles localmente y en cantidad, y que no requieren muchos cambios antes de ser aplicados. Los materiales locales –tierra, madera, piedra, paja– a menudo se denigran y se asocian con la falta de saneamiento y las imperfecciones para beneficio de la industria de productos derivados. El trabajo de comunicación para crear conciencia y desmontar las ideas preconcebidas es muy importante e involucra la valorización de los conocimientos locales, la re-apropiación de las herramientas y las técnicas y la elección de los detalles de construcción apropiados. El uso de materiales disponibles localmente es fácil y económico, pero sobre todo da prioridad a la remuneración de la mano de obra y no al gasto externo generalmente orientado a la industria. El desarrollo de estos sectores, estén bien arraigados, amenazados o emergentes, es una de las orientaciones que defiende el colectivo, para limitar la concentración geográfica y social de la riqueza.

3.2 Eco46, una plataforma para el intercambio de saber-hacer.

La construcción se organizó a la manera de una formación práctica in situ bajo la tutoría del colectivo (figura 3). La dirección de obra envió invitaciones a las redes empresariales de la región. La capacitación, destinada a profesionales, consistió en un día teórico (clase magistral y talleres prácticos) y un curso práctico en la obra construyéndose de cuatro días mínimos por cada una de las etapas constructivas siguientes: muros de bala de paja, de tapia y acabados de tierra. Para cada uno de estos pasos, las empresas externas trabajaron junto con el personal de la dirección de obra y sus máquinas. Para completar el curso, se invitaron a especialistas a compartir sus experiencias, principalmente referentes a la tapia y a los acabados decorativos en tierra.

Durante un año, medio centenar de profesionales participó en la obra. Las visitas guiadas y los días de puertas abiertas han permitido que más de un millar de personas que sean profesionales o simples curiosos tomen ventaja de esta plataforma.

Valorizar algunos sectores desde la concepción del edificio ha tenido un impacto significativo en su ejecución. Fue necesario recrear ciertos sectores desaparecidos, como el de la construcción en tierra, e instituir nuevo sector el de la producción de balas de paja destinado a la construcción. La tierra proviene del sitio mismo y de una cantera a diez kilómetros de distancia; la paja de una hacienda agrícola municipal y la madera de los bosques de Lausanne.

Entre los materiales locales utilizados en el proyecto eco46, la madera parecía el material mejor dominado. Suiza cuenta con grandes zonas forestales y la arquitectura de madera es parte de su patrimonio. Hoy, somos testigos del resurgimiento de la arquitectura contemporánea de madera debido a sus ventajas ecológicas y económicas. Localmente el lobby de la construcción de madera es muy activo y se imparten cursos en centros técnicos de formación profesional. Sin embargo, el sector de la construcción de madera se desarrolla según el modelo económico de la especialización, la transformación industrial, es decir en

contradicción con la lógica de las cadenas de producción cortas y las características de los materiales brutos. Resultó que, en el marco de eco46, la empresa de carpintería tuvo que aprender a trabajar con maderas poco utilizadas en el sector de la construcción por su reputación de madera muy nervada, tales como la madera de haya, especie principal de los bosques regionales.

Figura 3. Eco46 Lausanne, Suiza. Capacitación en obra. Photo N. Cauderay

A nivel económico, la valorización de las cadenas cortas de materiales de construcción ha permitido tener un impacto visible en los costes. En Suiza, sólo el 30% del costo de un muro de hormigón de cemento corresponde a la mano de obra. En el marco de eco46, la misma pared, hecha en tierra, permite que más del 90% del costo se destine a pagar sueldos (figura 4).

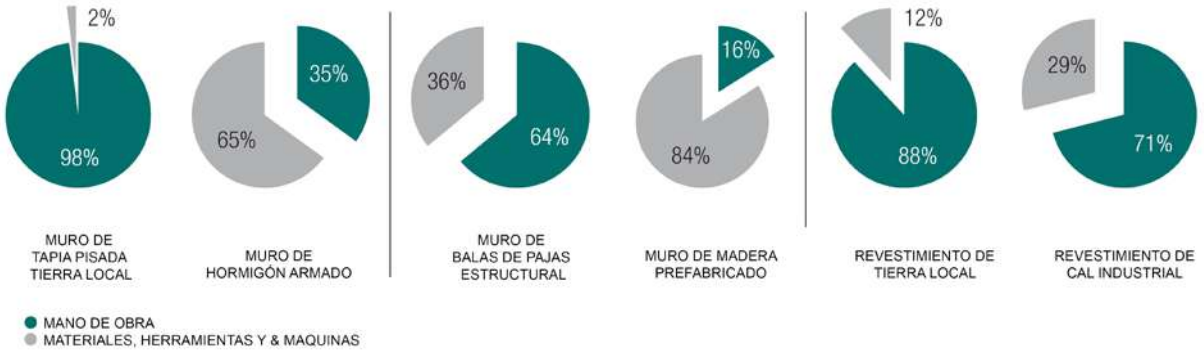


Figura 4. Eco46 Lausanne, Suiza, ficha de información. Distribución de los costos.

3.3 PADED, la valorización de los recursos humanos y materiales locales

Dentro del programa de reconstrucción y reparación PADED se proponen dos estrategias para facilitar la reapropiación de la ejecución.

Por un lado, la comunidad participa activamente en los proyectos, por equipos de unos diez hogares para construir o reparar las casas, una por una (figura 5). Esta forma de ayuda mutua se copia directamente de la organización social campesina de la agricultura. Los equipos de habitantes acompañan el trabajo de profesionales en la albañilería y carpintería. En tres años, 500 hogares han aplicado esta estrategia para mejorar su hábitat.

Figura 5. PADED, Ducrabon, Haití. Ayuda mutual en obra. Photo J. Hosta

Por otra parte, cerca de 180 obreros y obreras locales, que nunca habían sido entrenados con formación técnica formal, siguen una capacitación en obra y, también, en sesiones teóricas con soporte pedagógico específico impartidas al principio por el equipo de apoyo, incluido el colectivo CarPE, y luego por los equipos técnicos locales. Esta formación se ve reforzada por la práctica en la obra, y en sesiones de formación continua.

El uso de la piedra, la tierra y las fibras vegetales es totalmente gratuito, porque estos materiales están disponibles localmente en abundancia. Por el contrario, para su aplicación, requieren una cantidad significativa de mano de obra. Esto permite una distribución más equilibrada de los costos de construcción. El trabajo recibe más del 65% del presupuesto en reparaciones[16], y el 40% en nuevas construcciones. En comparación, cuando se construye con bloques de cemento, el mismo presupuesto se gasta en su totalidad en la compra de materiales, herramientas y transporte.

El aumento de los sueldos de las personas a nivel local, aumenta su poder adquisitivo, a la vez que eleva su estatus social. Después de dos años, el impacto económico del programa de reconstrucción es visible en las zonas donde se ejecuta: se está desarrollando el comercio local, lo que permite a más niños y niñas ir a la escuela.

4. USO

4.1 Comodidad de la habitación y la apropiación

Un aspecto importante del hábitat es la capacidad de controlar el confort. El concepto de confort a menudo se limita al cumplimiento de una serie de parámetros climáticos, de mantenimiento, o sale directamente de las imágenes transmitidas por las revistas de diseño de interiores o carteleras gigantes. Otros parámetros son deliberadamente excluidos del debate, para obtener un hábitat neutral, fácil de estandarizar, intocable e incomprensible.

Una de las preocupaciones del colectivo CArPE es desmontar este modelo blindado por el marco regulatorio y demostrar que una multitud de formas de habitar pueden coexistir y enriquecer el hábitat. Devolver a la gente la capacidad de elegir el uso de su hábitat significa que puede intervenir a todos los niveles, mantenerlo y modificarlo a voluntad. Por tanto, es esencial integrar la noción de evolución en el proceso, lo que implica que no se puede considerar los objetos como finalizados e inmutables, sino como un ir y venir entre las etapas de ejecución y de uso.

Si bien es relativamente fácil proponer alternativas en la fase de ejecución, es más difícil generar impactos en el modo de vida. El hecho de participar en la etapa de ejecución no implica necesariamente un cambio en el estilo de vida, pero da herramientas adicionales para comprender su hábitat, lo que puede dar como resultado, por ejemplo, un mejor mantenimiento del edificio, su mayor duración, o una reducción significativa en el consumo de energía[17].

4.2 Eco46, el manejo de la comodidad con baja tecnología.

En Suiza, cada vez más elementos de nuestro hábitat se automatizan en el nombre de los beneficios tecnológicos predicados por muchos institutos de normalización. La *smart-house* (domótica) pretende ser la solución del futuro. La delegación de opciones a los artefactos se vende como un factor de bienestar, pero también significa una pérdida de control sobre el hábitat. Sin embargo, es posible prescindir de costosos dispositivos técnicos, mediante el uso de soluciones arquitectónicas simples.

El edificio eco46 está diseñado con elementos de baja tecnología, y invita a intervenir por sí mismo. Por eso, se buscó que los distintos elementos sean especialmente legibles. Así, la pared central de tapia expresa la masa térmica, se trata como un objeto sólido y bruto (figura 6). La estufa de leña, única fuente de calefacción auxiliar, no se relega a un espacio "técnico", sino que simplemente se coloca en la cafetería, donde se puede recargar manualmente. Las paredes periféricas de paja de 80 cm asumen su espesor y lo expresan claramente en el espacio reservado a las puertas. La ventilación natural se consigue mediante el uso de ventanas y la claraboya colocada directamente sobre la escalera.

Desconectados de la gestión del confort se perdieron los reflejos eficaces para mantener la frescura en verano o para evitar la pérdida de calor en invierno. Entonces, se suele proporcionar un manual de uso del edificio que explica, por ejemplo, en qué momento es más apropiado ventilar en verano, y por qué medios, así como la forma de mantener el edificio. Pero este manual está condenado a evolucionar, especialmente a la luz de los comentarios de las personas que utilizan el edificio, y también en términos de los resultados producidos por el monitoreo del edificio usando sensores bien distribuidos. La necesidad de dicho manual es un síntoma de una pérdida de control sobre el hábitat.

Figura 6. Eco46 Lausanne, Suiza, interior del edificio, Photo Noé Cauderay

4.3 PADED, valorizar el mantenimiento del hábitat

En la totalidad de la isla de La Española, la inestabilidad climática es muy común: varios huracanes o tormentas tropicales pasan cada año. Estos acontecimientos cíclicos y destructivos determinan ciertos hábitos. Por ejemplo, la población haitiana tiene la costumbre de refrescar y mantener las casas al final de la temporada de huracanes en diciembre para reparar cualquier daño que puedan haber sufrido antes de entrar en la estación seca.

Frente a la idea preconcebida y falsa de que las casas de cemento no necesitan mantenimiento, el programa de reconstrucción manejado por PADED optó por desarrollar

sistemas de construcción que permitan un mantenimiento y reparaciones económicamente accesibles. Por lo tanto, expresa y refuerza la idea de que una casa debe ser mantenida regularmente por sus ocupantes. La construcción de estructura de madera y relleno de piedra y/o de tierra, determina que sea más fácil hacer reparaciones después de un huracán. Tras el paso de los huracanes Sandy e Isaac[18] en 2012, los daños causados por vientos de hasta 300 km/h, esencialmente sobre los acabados de las paredes exteriores, se han reparado rápidamente por la gente reutilizando los materiales caídos. En las mismas zonas afectadas se observan casas de cemento difíciles de reparar y que no permiten la reutilización de materiales.

5 CONCLUSIÓN

5.1 Proponer alternativas al empobrecimiento del modo de vida

Desde la época de las cavernas hasta el chalet pasivo de hoy, han coexistido muchos modelos de vivienda. Gracias a ellos, las culturas constructivas se han transmitidas de generación en generación. Los numerosos modos de vida, sean o no vernaculares, representan una incomparable riqueza cultural global. Hoy sin embargo, el modelo de hábitat pretendidamente universal, fagocita estas múltiples culturas constructivas para reducirse a un modelo único. Éste se define por la exclusión del individuo en favor de la rentabilidad económica basada a la noción del confort único. Esta última tiene la particularidad de crear nuevas necesidades totalmente artificiales, pero presentadas como vitales. El objetivo de cubrir esas necesidades crea la ilusión de seguir tomando sus propias decisiones. En realidad, fuera de este marco, ya no es posible elegir.

Frente a eso, el colectivo CarPE aspira a dar caminos de reflexión o herramientas concretas en el dominio específico de su práctica, es decir el proyecto y ejecución del hábitat. El colectivo no aspira a tener todas las claves de la puesta en cuestión del modo actual de habitar, ni de la intervención en el conjunto de los procesos de producción del hábitat. CArPE se define como un colectivo de arquitectura y de construcción. El objetivo no es recrear otro modelo único de hábitat limitante y limitado. Por el contrario, al desarrollar perspectivas de concepción y ejecución alternativas, se orienta a dar herramientas que cada uno y cada una puede utilizar, o no. Basados en su propia elección, nuevos modelos propios se van construyendo, ayudando a reapropiarse de su hábitat.

En términos más generales, el colectivo CArPE se inserta en un conjunto de reflexiones vinculadas con la reapropiación del hábitat que van mucho más allá de la disciplina de la arquitectura. Se puede citar otros dominios estrechamente vinculados como el de la propiedad del suelo, la gestión de recursos o la política de hábitat. Estas reflexiones y cuestionamientos del modelo establecido las llevan a cabo, en conjunto, diversas personas, asociaciones, colectivos y redes.

5.2 Los límites del replanteo del modelo actual

Según la etapa del proyecto que se considere, es más o menos difícil proponer alternativas al modelo actual. El colectivo ha comprobado que la ejecución es la etapa en la que resulta más fácil cuestionar el modelo. En varias ocasiones, fue bastante fácil convencer clientes a implicarse en una ejecución participativa, a menudo considerada de riesgo. Por el contrario, las etapas de diseño y utilización son mucho más difíciles de influenciar y no resulta evidente proponer alternativas. Es muy difícil persuadir clientes de cuestionar su propia manera de vivir. Cuando este reto es posible, es que esa reflexión ya existe.

Varios factores explican esa diferencia: las opciones de ejecución de un proyecto de hábitat no tienen necesariamente un impacto sobre las decisiones de concepción o utilización. Entonces, son los límites y el marco de ejecución los que pueden causar problemas más que sus consecuencias. Por ejemplo, una ejecución con enfoque participativo no conlleva necesariamente un alto grado de riesgo en cuanto a la satisfacción esperada al final del proceso.

Las diferencias en la percepción temporal de cada etapa es otro factor importante. Es más fácil cuestionar la ejecución con límites temporales claramente definidos. La duración de las fases de concepción y uso es mucho más imprecisa. De acuerdo con el modelo social actual, la concepción del hábitat y su futuro están relacionados con un sueño construido desde la infancia. Se basa en lo vivido, la condición social y la cultura. Incluso, la fase de uso puede durar toda la vida, y es la expresión concreta de este sueño de vivir.

Otro factor que facilita cuestionar la etapa de ejecución en vez de la concepción o del uso es el concepto de participación. En la actualidad, la participación se ha convertido en un concepto muy de moda, ya que tiene la ambición de promover la apropiación del proyecto por parte de todos y todas. Sea en los programas desarrollados por las ONGs o en los proyectos promovidos por los gobiernos, la participación se ha convertido en un factor clave, capaz de convencer a los grandes donantes o la opinión popular, incluso de proyectos públicos polémicos. Sin embargo, pocos llegan realmente a esa inclusión en todas las etapas del proyecto. Cuando se busca conocer con mayor precisión el proceso que se puso en marcha, resulta que la participación es a menudo muy teórica y abstracta. Para proyectarse en el proceso de diseño o de uso con enfoque de participación, se hace necesaria mayor iniciativa. Es principalmente en la etapa de ejecución donde la participación concreta y efectiva ha adquirido una cierta experiencia generalizada. En Francia hay millares de casas individuales autoconstruidas y lo mismo ocurre en numerosas redes de autoconstrucción que emergen en Europa y América. Por el contrario, se comprueba que muchas de estas redes no buscan necesariamente cuestionar el modelo de hábitat (concepción y uso), y están principalmente orientadas al modo de producción o ejecución.

5.3 ¿Es suficiente tener influencia en una sola etapa del proceso de producción del hábitat?

Aunque si se puede esperar que un enfoque de ejecución participativa pueda contribuir a la concientización cuanto a su modo de vida, no es posible garantizar que esto sea así. De hecho podría construirse un palacio de quince habitaciones con quince baños y quince cocinas para una sola persona planificado como una ejecución participativa. En sentido inverso, cuando se coloca, desde el comienzo una perspectiva de puesta en cuestión del modelo de “habitar” que la sociedad propone, será mucho más posible alcanzar la reflexión sobre la ejecución y el uso del proyecto.

Encuadrando y manejando diversas construcciones participativas, el colectivo CArPE propone la obra participativa como una alternativa posible de ejecución. Usando recursos locales como la tierra, la piedra, las fibras vegetales y la madera en proyectos públicos y privados, contribuye a valorizar estos materiales, a menudo desacreditados. Trabajando en obra al lado de los artesanos y artesanas, pone en cuestión los papeles jerárquicos habituales. Gracias a estas experiencias concretas, la municipalidad de Lausanne decidió comprometerse en un proceso de ejecución participativa en la construcción del edificio administrativo eco46. Igualmente, en Haití numerosas organizaciones de la PADED decidieron comprometerse en un proceso participativo cuando vieron los primeros resultados inesperados de una de ellas que había tomado la delantera lanzándose en un proyecto de ayuda mutua.

Para el colectivo CArPE, la toma de conciencia por parte de las gentes en relación a sus propias necesidades es indispensable dentro de un proceso de reapropiación del hábitat. Incluso si hoy son los poderes públicos y el sistema económico los que deciden nuestros modos de vida, el colectivo considera que, proponiendo opciones, medios y modelos múltiples, esta reapropiación es posible.

Notas

[1] En el presente artículo, el término «hábitat» incluye todos los elementos asociados al medio-ambiente construido.

[2] INB per Capita en Suiza: 76'350 $ y PNB per Capita en Haïti 700 $ (fuente: BM, 2011).

[3] La huella ecológica es un indicador del impacto que los seres humanos ejercen sobre el ambiente natural. Indica cuánta área requiere una población humana para producir los recursos que consume y absorber sus desechos. Se mide en Ha global/persona.

[4] Si la población mundial viviera como la población suiza, dos planetas y medio resultarían necesarios. Inversamente, un cuarto de planeta sería suficiente si todos viviéramos como la población haitiana.

[5] Los materiales originados en la biomasa animal o vegetal.

[6] http://www.ch/eco46

[7] la dirección de obra es el servicio público a cargo de la gestión y mantenimiento de los bosques, terrenos y viñedos de la ciudad de Lausanne (SPADOM). El edificio se ha concebido para valorizar los aportes solares pasivos y la ventilación natural. Demanda pocos artificios para asegurar el confort. El bajo consumo de energía necesaria para la calefacción (menos de 20 kWh/m^2/año) se logra gracias al uso de una estufa de leña. El edificio es construido con pacas de paja estructurales recubiertos por tierra y cal, con un muro central y estructural de tapia.

[8] Organizaciones no gubernamentales

[9] Panel de madera contraplacada, producto industrial importado.

[10] La «gingerbread», casa tradicional haitiana, es una variante de la construcción a viga vista: esqueleto de madera con relleno de ladrillo o tierra capaz de resistir fuertes sacudidas sísmicas.

[11] Asociaciones Encadrements des Petits Paysans des Mornes et Plaines d'Haïti (EPPMPH), Prese Pran Swen Tè Nou (PRESTEN), Groupe d'Appui au Développement Rural (GADRU) y CONCERT-ACTION

[12] http://www.paded.org. La PADED es una asociación que agrupa 26 asociaciones haitianas.

[13] http://www.craterre.org

[14] http://www.misereor.de

[15] Un proyecto famoso es reconocido a través del nombre de su arquitecto o arquitecta, y se considera como su obra. De esta manera se olvidan totalmente las entidades que ordenan las construcciones, sean públicas o privadas.

[16] Variable según el estado de la vivienda al inicio de la reparación

[17] Comparación del consumo energético de tres edificios idénticos en Confignon, Suiza: 40% de menos para la cooperativa Equilibre

[18] El huracán Isaac atacó en agosto y el ciclón Sandy en octubre del 2012

Currículos

Elsa Cauderay, arquitecta EPFL (escuela politécnica federal de Lausanne en Suiza), DSA-aquitectura de tierra (CRAterre-ENSAG en Grenoble, Francia). Miembro fundador del colectivo CArPE, ha trabajado en proyectos de formación y de construcción en materiales locales en Francia, Suiza, América Latina y, desde el 2010 en Haití.

Julien Hosta, arquitecto DPLG (escuela nacional superior de arquitectura de Grenoble, Francia), DSA-arquitectura de tierra (CRAterre-ENSAG en Grenoble, Francia). Miembro fundador del colectivo CArPE, ha trabajado en varios proyectos de formación y de construcción en materiales locales en Francia, Suiza, África, América Latina, y desde el 2010 en Haití.

Marco Sonderegger, arquitecto EPFL (escuela politécnica federal de Lausanne en Suiza). Miembro fundador del colectivo CArPE, ha trabajado como arquitecto en varios proyectos asociativos y cooperativos en Suiza.

OFICINA DE CAPACITAÇÃO DE TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO DE TAIPA, EM ATIBAIA-SP, BRASIL

Maria Cristina Erdelyi[1], Márcio V. Hoffmann[2]

[1]criserdelyi.arq@gmail.com
[2] FATO arquitetura; TAIPAL construções com terra – marcio@fatoarquitetura.com.br

Palavras-chave: Taipa de pilão, capacitação de mão-de-obra.

Resumo

A cidade de São Paulo, antiga Vila de Piratininga, foi em grande parte construída em taipa de pilão, técnica trazida pelos portugueses nos séculos XVI e XVII. Infelizmente esse conhecimento foi abandonado, caindo gradativamente no esquecimento, em face da preferência aos novos estilos da arquitetura européia, que, em função da grande quantidade de ornamentos, dava prioridade a utilização de tijolos cozidos. A contra propaganda baseada na procriação do barbeiro, inseto transmissor da doença de Chagas (*Tripanossomíase americana*), que habita as frestas construções mal conservadas, também contribuiu para o desaparecimento dos edifícios construídos com essas técnicas e do saber fazer ligado a elas. Com a presente questão da sustentabilidade, a terra como material de construção volta a ser utilizada. Além da sua beleza e do baixo consumo de recursos, do alto grau de conforto térmico, a construção com terra, especificamente a taipa de pilão, faz parte da história e da cultura de São Paulo, portanto deve ser preservada e ter seu saber fazer recuperado. O objetivo deste trabalho é apresentar a oficina direcionada aos trabalhadores da construção civil para capacitação no uso e no entendimento do sistema construtivo da taipa de pilão. A oficina foi realizada em 2008, na cidade de Atibaia (SP, BR), onde estiveram presentes pedreiros e arquitetos, que juntos construíram um painel em taipa de pilão. Além de divulgar a terra como material de construção, apresentar suas potencialidades e suas limitações e iniciar um processo de resgate de uma técnica ligada à história do lugar, a oficina demonstrou ser suficiente para que os trabalhadores apreendessem corretamente o uso da técnica. Amostra disso é que o painel erigido durante a oficina, apesar de exposto às intempéries sem qualquer proteção encontra-se em ótimo estado de conservação.

1. INTRODUÇÃO

A terra, assim como a pedra e a madeira, foi vastamente usada como material de construção. Porém em muitos lugares, principalmente entre os usuários, pessoas ou instituições, de maior poder aquisitivo, a terra perdeu seu espaço e seu uso foi bastante reduzido ou mesmo eliminado. O protecionismo industrial ou o pouco desenvolvimento dos próprios sistemas construtivos com terra podem ser algumas das causas do desuso da arquitetura de terra.

É fato que, após a segunda grande guerra, a terra reaparece como material de construção principalmente na área de estradas de rodagem e barragens. Sobre solos surge também um enorme número de pesquisas, com cientificismo moderno, com os mais diversos interesses em várias áreas como Pedologia, Engenharia Agronômica, Geologia, Mecânica de solos e outros. Sem dúvida, hoje muito se conhece sobre o solo e os meios para sua estabilização.

Pesquisas na história contemporânea da arquitetura e construção com terra demonstram a qualidade, beleza e a viabilidade de suas obras, com as mais variadas técnicas trabalhando a terra como material construtivo. As contribuições para o avanço das tecnologias de construções com terra são inúmeras e vêm de todas as regiões do mundo. Nos países do continente americano, existe um intenso trabalho em busca de aperfeiçoar e incentivar o uso da terra como material de construção.

Apesar da redução do universo da arquitetura com terra, vernácula ou acadêmica, ela nunca foi esquecida. Em tempos modernos o pioneiro foi François Cointeraux, que durante o século XVIII construiu inúmeras obras e publicou sobre seu “novo pisé”. Seus manuais

sobre construção com taipa foram divulgados em diversos países e muito provavelmente influenciaram Hassan Fathy, talvez o mais famoso arquiteto a construir com terra até sua morte em 1998 (Dethier, 1993).

No ano de 1984, em Bruxelas, no primeiro encontro promovido pela ONU sobre a construção com terra, foram feitas duas principais constatações: construir com terra é uma alternativa realista e inevitável; e há poucos agentes qualificados (Dethier, 1993). Passados quase 30 anos e somados conhecimentos ainda mais profundos sobre materiais e sistemas construtivos, fica clara a possibilidade do uso da terra como material de construção. Entretanto, apesar de todos os esforços para a disseminação da arquitetura de terra e capacitação dos agentes envolvidos, ainda parece não existir em muitos lugares toda a gama de equipamentos e pessoas capacitadas para se construir com terra. No Brasil esta falta é facilmente percebida.

Fica claro que a arquitetura com terra ainda não faz parte do mercado, há falta de divulgação entre os agentes da construção civil, desde os trabalhadores até engenheiros e arquitetos. Não há na grade curricular das universidades cursos que discutam a terra como material construtivo e suas aplicações falta de mão de obra especializada e entendimento por parte dos consumidores que ainda acreditam em velhos tabus. Faltam ainda normas, como é o caso da taipa de pilão, que deem confiabilidade na utilização da terra como material de construção.

Hassan Fathy faz uma importante reflexão sobre o uso da terra como material construtivo.

> *Mas o camponês construiu a sua casa com terra, ou tijolos de terra, que tirou do solo e deixou secar ao sol. E ali, em cada casebre, em cada casa em ruínas, encontra-se a resposta ao meu problema. Ali, durante anos, durante séculos, o camponês tinha sábia e tranquilamente explorado este óbvio material de construção, enquanto a nós, com as nossas ideias modernas aprendidas nas escolas, nunca nos tinha passado pela cabeça que fosse possível utilizar um material tão insignificante como a terra numa criação tão séria como uma casa* (Fathy, 2009, p.15).

O objetivo desse trabalho é apresentar a oficina de sensibilização feita na cidade de Atibaia (SP, BR), discutir a importância da divulgação da arquitetura com terra e, a partir disso, a apropriação dessa técnica pelo mercado da construção civil.

2. HISTÓRICO

A arquitetura com terra é milenar, presente em praticamente todas as culturas e amplamente difundida por todos os lugares e por todos os tempos. Grande parte da crosta terrestre oferece solos possíveis de serem usados como material de construção, então sempre foi natural construir com terra.

Esses sistemas construtivos que usam a terra como material de construção foram criados e desenvolvidos concomitantemente em diferentes continentes e em algumas vezes é possível identificar a influência da cultura construtiva de um lugar em outro, principalmente em tempos de grandes trocas de saber, como o período de invasão mulçumana na Europa ou após a descoberta das Américas.

Com a vinda dos portugueses, a cidade de São Paulo teve sua origem com a construção do Colégio dos Jesuítas da Companhia de Jesus, o Pátio do Colégio, no ano de 1554. As edificações foram todas feitas em taipa de pilão. Em virtude da influência da arquitetura e da técnica desse primeiro edifício, praticamente todo o entorno que formou o primeiro centro da cidade foi edificado com essa técnica. A taipa foi a técnica mais usada pelos 250 anos seguintes. (Bruno, 1953).

Com o aparecimento de novos estilos arquitetônicos, produtos industrializados chegaram de outros continentes, bem como mão de obra de mestres pedreiros que empregaram novas técnicas. Então, em pouco tempo a arquitetura com terra praticamente desapareceu. Do Pátio do Colégio restam apenas uma parede e as catacumbas.

Nos arredores da cidade de São Paulo e no interior do estado também encontramos alguns sobreviventes das edificações em terra. Muitas fazendas foram adornadas com os signos da vida industrializada distribuídos pelos trilhos da ferrovia, mas que foram simplesmente aplicados sobre as centenárias paredes de taipa, sem impor sua derrubada.

Belíssimas obras de arquitetura com terra, como a Fazenda do Pinhal, em São Carlos, construção que remonta a 1831; a Casa Bandeirista do Sítio do Padre Inácio, em São Roque, do século XVIII (Figura 1), dentre outras, são exemplos dessa técnica. Preservar esses e outros monumentos e restaurar a cultura construtiva da arquitetura com terra devem ser um comprometimento daqueles que trabalham com a arquitetura paulista.

Figura 1: Casa Bandeirista – Sitio do Padre Inácio – São Roque – S.P.
Foto:Victor Hugo Mori – Vitruvius Arquitextos (Fev-2012).

3. NOVAS OPORTUNIDADES

Antes de qualquer discussão é preciso entender que a sustentabilidade é a condição que permite a existência do homem e provê uma vida segura, saudável e produtiva para todas as gerações em harmonia com o ambiente, preservando valores culturais, que garanta a dignidade humana e encoraje a equidade econômica.

O conceito de sustentabilidade abrange grandes cinco dimensões fortemente relacionadas. São elas: a preservação do meio ambiente, a realização do potencial econômico com a distribuição de riqueza, a promoção da diversidade e identidade cultural, a participação política da sociedade e o combate à exclusão social.

Na arquitetura podemos discutir a sustentabilidade na escala urbana, na escala da edificação e finalmente, na escala dos equipamentos e materiais de construção. Nas cidades devem ser evitados os deslocamentos desnecessários com bairros de uso misto e lotes de tamanhos variados, ter bons transportes coletivos e vias que incentivem o caminhar e o uso da bicicleta, evitar os vazios e o espalhamento da malha urbana e outras medidas que venham promover a integração entre vizinhos e o aumento do senso de comunidade.

Na escala da edificação é difícil definirmos um projeto sustentável, pois o conceito além de complexo e dinâmico é local, ou seja, uma coisa pode ser sustentável hoje e aqui, mas talvez não seja amanhã ou em outro lugar, então devemos pensar em buscar sempre um projeto mais sustentável que o convencional ou mais sustentável quando comparado ao projeto anterior, num contínuo progredir em busca de uma sociedade sustentável.

A taipa de pilão, em muitos lugares e situações, pode responder positivamente a essas questões, pois, quando bem empregada, apresenta baixo consumo de energia no processo de produção, pode não necessitar de transporte de matéria-prima e é reciclável, pois

quando demolidas, as paredes voltam quase totalmente à condição original de solo. Além dessas características, a taipa possui excelente inércia térmica e permite trocas de umidade com o meio, garantindo, assim, menor ou nenhum consumo de energia na climatização do ambiente construído.

Entretanto, a terra utilizada como material de construção foi muitas vezes julgada erroneamente. Tida como material de moradias miseráveis, sujeita à invasão de insetos, para muitos construir com terra é retroceder no tempo. Com a presente questão da sustentabilidade, a terra encontra a grande oportunidade de se fazer amplamente conhecida como uma alternativa para a construção civil.

Alguns países, assim como o Brasil, estão recuperando e divulgando, cada vez mais, a construção com terra (Figura 2) porque acreditam no impacto econômico e, sobretudo, ambiental desta forma de arquitetura.

Figura 2: Casa BJA, Joanópolis, SP, BR, 2011.
Fonte: www.taipal.com.br (25/03/2013)

Dentre as muitas qualidades, a terra como material construtivo, diminui a eletricidade estática e odores, armazena calor, não contamina o ambiente, consome 1% da energia em seu preparo, transporte e elaboração, bem menos que a energia necessária gasta na elaboração do cimento ou tijolos cozidos. É reutilizável, nunca será escombro, regula a umidade ambiente, absorvendo a umidade interior 30 vezes mais que os tijolos cozidos. Apresenta baixo equilíbrio de umidade 0,4% a 6% em peso e alta capilaridade, o que preserva a madeira quando utilizada na construção a mantendo seca e livre de insetos. Não é preciso ser um construtor, para trabalhar com a terra, suas técnicas são bastante simples. Com poucos pontos negativos a serem observados, a terra depende do local de onde é retirada, sofre contração ao secar e não é impermeável (Minke, 2001).

Na intenção de apresentar a terra como material de construção, com a técnica da taipa de pilão, resgatar sua história e o “saber fazer”, capacitando mão de obra, a oficina realizada retoma esse conhecimento e discute os resultados dessa técnica.

4. OFICINA

No Brasil, como já dito anteriormente, não faz parte da práxis dos lugares de formação, acadêmicos ou profissionalizantes, a instrução sobre as técnicas construtivas com terra. Entretanto, com a imagem da sustentabilidade, a disseminação tornou-se mais presente por meio de cursos, oficinas e workshops, ainda que isolados no tempo e reduzidos a alguns ambientes.

Existem ainda várias questões a serem mais bem estudadas. Na formação de novos construtores com terra é necessário que se tomem alguns cuidados. Uma temática de

relevante importância é a adoção da terra como panacéia para a solução de todos os problemas de déficit construtivo no planeta. É necessário cautela ao se afirmar coisas como esta, já que o problema está muito mais relacionado ao acesso à terra e aos fundos públicos. Deve-se evitar confundir as conquistas políticas com o fetiche da técnica (Minto, 2009).

No decorrer da história da arquitetura, a obra foi se afastando cada vez mais do ato criativo, da formação da imagem e das soluções técnicas para sua construção. Essa aparente evolução dos sistemas construtivos, em que a indústria fornece os produtos prontos e a criação do espaço tornou-se uma linha de produção com etapas desconexas, iniciada com a demanda do mercado imobiliário, passando pelo arquiteto especificador, depois pelos engenheiros que irão detalhar os desenhos, até chegar às empreiteiras, em que o trabalho alienado dos operários irá terminar o processo para então, finalmente, ser entregue ao consumidor. Certamente esse conjunto de fatores é a causa do empobrecimento da paisagem edificada.

Para reverter tal situação, faz-se necessário aproximar todos os agentes envolvidos na produção do espaço. É necessário fazer com que os profissionais envolvidos na materialização de uma obra entendam-se como corpo, onde ocorrem processos de análise, discussão e produção em prol de uma identidade construtiva, de uma concepção onde projeto de arquitetura, projetos complementares e execução de obra são peças constituintes e essenciais para a qualidade do espaço, e, em última análise, da arquitetura (Minto, 2009).

Então fica clara a importância de serem oferecidos cursos que levem a teoria de formação do espaço, o conhecimento técnico sobre os materiais e o cotidiano do canteiro de obras a todos os envolvidos na construção, sejam eles operários, arquitetos ou engenheiros. Será por meio das discussões sobre as intenções do espaço e das constatações realizadas sobre os detalhes dos processos construtivos que todos poderão evoluir de um conhecimento parcial para um conhecimento pleno.

Para proporcionar esse aprendizado deve-se partir de um sistema em que não esteja tudo pronto com elementos estandardizados. Deve-se empregar uma técnica onde a variabilidade seja intrínseca a ela, pois só assim os desafios levarão os participantes a compreenderem a totalidade do processo e assim poderão fazer uma análise crítica do sistema. Sabe-se que a arquitetura com terra, com a diversidade de seus sistemas construtivos é ideal para isso.

No decorrer da oficina foi apresentada fundamentação teórica, em que foram abordadas a historia das construções com terra, as características do solo como matéria prima, o uso de diferentes tipos de estabilizantes químicos, consolidação para a taipa aparente, ensaios de campo e os materiais necessários para a realização da técnica da taipa de pilão.

A principal ideia foi apresentar as possibilidades construtivas da terra, suas potencialidades e limitações. As discussões sempre estiveram nos conceitos da sustentabilidade e das características do material. Foi importante enfatizar como o desenho deve ser abordado, sempre procurando o mais indicado, segundo os parâmetros de engenharia – as questões relacionadas à produtividade e ao desempenho de um sistema construtivo.

Na prática foi permitido aos participantes enfrentarem todas as dificuldades inerentes a qualquer obra, usando o desenho como desígnio de toda a série de atividades necessárias para a construção de um elemento.

Quatro homens trabalharam com duas formas de 2,20 m x 0,5 m x 0,30 m respectivamente, por aproximadamente 4 horas, entre a montagem das formas, trabalhar a terra com pilões de tamanhos diferentes e produto final.

O resultado surpreendeu a todos pela beleza e solidez do painel. (Figuras 3, 4 e 5).

Figura 3: Montagem da forma

Figura 4: Retirando a forma

Figura 5: Painel de Taipa (2008)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de reunir grande material publicado através de Seminários, pesquisadores, trabalhos científicos, esse conhecimento está ainda distante do público que pretende construir uma moradia.

No mercado atual onde todos os dias são lançados produtos para a construção civil, industrializados e com grande divulgação entorno deles. A mídia determina os materiais que às vezes não atendem as construções com qualidade.

A divulgação da técnica ainda é insuficiente, pois os participantes não a empregaram após a oficina, porque não tiveram demanda do mercado, que ainda trata a taipa de pilão como alternativa, que encontra resistência das políticas públicas e da sociedade como um todo.

Contudo a oficina atingiu o objetivo de apresentar a técnica da taipa de pilão, tradição que faz parte da história do Brasil e que, nos dias de hoje, vem somar ao conceito de sustentabilidade. Permitiu aos mestres pedreiros vislumbrar uma nova possibilidade de construir, despertando o interesse dos participantes, que em sua maioria não conhecia a técnica.

Após um dia de trabalho, incluindo a parte teórica e prática, o resultado foi uma profunda sensibilização de todos que ficaram bastante impressionados com que ao final de algumas horas de “obra” tinham transformado uma porção de terra em um painel de taipa de pilão. (Figura 6).

Figura 6: Painel de taipa (2013)

O painel construído permanece por 4 anos sob a ação do tempo, sem qualquer proteção, se apresentando em ótimas condições. Foi comprovada na prática a eficácia do sistema e todos os benefícios que essa técnica e material construtivo oferecem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bruno, Ernani Silva (1953). *História e tradições da cidade de São Paulo*. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, v.1, p.74, p.135**.**

Dethier, Jean (1993). *Arquitecturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Centro de Arte Moderna, Litografia Tejo.1993..

Fathy, Hassann (2009). *Arquitectura para pobres. Uma experiência no Egipto Rural*. Lisboa: Argumentum, Dinalivro, p.15.

Minto, Fernando Cesar Negrini (2009). *A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto* [online]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2009. Dissertação de Mestrado em Tecnologia da Arquitetura. [acesso 2013-27-02]. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26042010-152603/>.

Minke, Gernot (2001). *Manual de Construccion en Tierra*. Editorial Fin de Siglo.

Currículos

Maria Cristina Erdelyi, arquiteta e urbanista pela USF, Campus Itatiba, membro da rede TerraBrasil. Participou de diversos cursos de arquitetura com terra e bambu. Trabalhou em oficinas de BTC para trabalhadores em vulnerabilidade social.

Marcio V. Hoffmann, arquiteto e urbanista, mestre em Preservação e Restauração de Patrimônios Históricos pela FAU UFBA, membro da Rede Ibero-americana PROTERRA e da Rede TerraBrasil, proprietário da FATO arquitetura e sócio da TAIPAL construções em terra

PLANIFICACIÓN DE PROCESOS COMUNICACIONALES PARA LA COMPRENSIÓN Y ACEPTACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA POR POBLADORES RURALES

Mabel Fábrega[1], Liliana B. Vega[2], J. Arturo Pereyra[3]

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
[1]fernandezfabrega@speedy.com.ar; [2]ivega@faud.unsj.edu.ar; [3]arturoar2003@yahoo.com

Palabras claves: construcciones - tierra cruda – mensajes - comprensión - conductas

Resumen

El esfuerzo está dirigido a elaborar mensajes sobre construcciones de tierra para diferentes receptores, pertenecientes a sistemas sociales rurales cualificados, con la intención de lograr la comprensión como unidad de sentido. Creando la posibilidad de generar o reforzar las imágenes de los pobladores, adquiridas en las interacciones de su vida cotidiana.

A partir del estudio de las percepciones de los pobladores se obtuvo el diagnóstico de sus imágenes mentales, resumido en la siguiente idea “la tierra cruda es un material de construcción que está asociado a: pobreza - apariencia desagradable - identificadas con clases sociales marginadas – insegura”. Partiendo de esta premisa se elabora un Plan de Comunicación, seleccionando los segmentos del público al que van dirigidos los mensajes, dispuestos en diversos soportes comunicacionales. Se hace necesario encarar acciones en forma planificada y coordinada para trabajar las imágenes de los públicos, tratados como activos intangibles con el fin de posibilitar conductas relacionadas con sus asociaciones mentales.

La idea rectora de este Plan es trasmitir las bondades del adobe y de otros sistemas de construcción con tierra, elaborados con materiales locales; se pone en práctica la utilización y reutilización de los materiales naturales para crear un hábitat donde nada se destruye solamente se transforma. La tierra, la paja, la caña, así como la madera son materiales naturales que están disponibles en las zonas rurales y se han utilizado para la construcción a través de los siglos.

Los segmentos de público son docentes y alumnos de escuelas primarias de zonas rurales, usuarios sin conocimientos de construcción, o con saberes constructivos y público en general. Esta ponencia es parte de un Proyecto de Investigación[1].

Los procesos comunicacionales consisten en cursos a los docentes relacionados con trabajos prácticos de los alumnos de nivel primario; talleres teóricos prácticos a los usuarios con o sin conocimientos constructivos, según sea el caso y una campaña gráfica que incluye folletos y afiches.

El Plan de Comunicación se plantea para una comunidad rural, pudiéndose convertir en un modelo referencial para casos similares con las debidas adaptaciones.

Finalmente se espera que se cumpla la circularidad de la comunicación al recibir los emisores – investigadores -, la respuesta de los públicos – receptores - y lograr una comunicación eficaz.

1. INTRODUCCION

La comunicación es parte integrante de un proyecto que se inscribe en el tema tecnologías apropiadas en el ámbito rural, con el objetivo específico de crear imágenes mentales positivas en los pobladores sobre las construcciones de tierra. Para lograrlo se siguen una serie de pasos comenzando con una segmentación del público atendiendo tanto a las personas más representativas de la comunidad que se relacionen con el tema, como a la posibilidad de actuar del equipo de investigación en cuanto a su conformación como a su capacidad de gestión y a los recursos económicos. Luego se realiza un estudio de las imágenes mentales de los pobladores aplicando técnicas de metodología cualitativa, ya probadas en otros proyectos de investigación anteriores y adaptando la propuesta de Paul

Capriotti Peri, en su libro “Branding Corporativo. Fundamentos para la gestión estratégica de la identidad corporativa” (Capriotti Peri, 2009).

Con estas etapas concretadas se propone un Plan de Comunicación que será ejecutado en una etapa posterior del Proyecto de Investigación, mencionado anteriormente.

Se fundamenta el estudio de las tecnologías apropiadas por el crecimiento edilicio en los poblados sanjuaninos debido al desarrollo económico, y al aumento natural de la población, situación que, lleva aparejada la demanda de nuevas construcciones. Los planes de viviendas agrupadas o individuales, ofrecidos por la administración gubernamental como los de iniciativas privadas, no resuelven esta demanda.

Muchos pobladores, especialmente de zonas rurales, que tienen la capacidad de ser hacedores de sus propias viviendas y edificios para otros usos, siguen construyendo con tecnologías inadecuadas para zonas sísmicas, dado que recrean sus conocimientos aplicando su criterio sin el apoyo de un sustento tecnológico adecuado, llevando a la práctica conocimientos empíricos heredados de sus ancestros, observándose una pérdida importante de características y detalles constructivos de las técnicas de construcción con tierra, dando como resultado edificaciones en condiciones cada vez peores en cuanto a su sismo resistencia.

El imaginario colectivo de los pobladores rurales guarda significados sobre las construcciones con tierra, la mayoría de las veces, asociadas a la pobreza, apariencia desagradable, inseguridad e insalubridad. Se cree que a través de mensajes producidos respetando su cultura y demostrativos de las bondades de este material es posible comenzar a cambiar esta imagen.

Se conoce por el resultado de ésta y otras investigaciones realizadas en el país que, pese a los inigualables beneficios inherentes a la construcción con tierra, tanto en términos económicos y sociales, como ecológicos, resulta imposible desconocer su alta vulnerabilidad estructural debiéndose en parte, a su poca resistencia a la tracción ante eventos sísmicos. Actualmente la construcción con tierra sigue vigente de manera dispersa en áreas urbanas y mayormente localizadas en los sectores rurales de Argentina. Gran parte de la población rural vive en casas de tierra sin posibilidad de acceder a una de ladrillo o de otros materiales industrializados. Se puede reafirmar junto a Rotondaro (2002, p.33) que

> … *considerando la Argentina, la realidad muestra un diagnóstico similar: teniendo en cuenta que casi un 75% del país es árido y semiárido, la arquitectura de tierra es parte del patrimonio tradicional, y solución habitacional vigente para el habitante sin recursos, pero aún sin el adecuado reconocimiento y promoción por parte del Estado*.

Actualmente, los avanzados estudios de métodos de reforzamiento y consideraciones morfológicas para mamposterías macizas portantes en tierra cruda, supone una oportunidad de re-validación de estas técnicas por la incorporación de propuestas que aumentan su resistencia al sismo.

Con la propuesta del Plan de Comunicación se espera crear en los pobladores rurales, imágenes mentales positivas referidas a las construcciones con tierra, que favorezcan el uso de estas tecnologías apropiadas a su idiosincrasia y posibilidades.

2. LINEAMIENTOS CONCEPTUALES

La planificación de la comunicación es un instrumento de gestión capaz de generar interpretaciones en los públicos, creando imágenes mentales fuertes que posibiliten conductas favorables hacia las construcciones de tierra. En ese sentido, el Plan de Comunicación permite orientar la toma de decisiones, por cuanto contiene una serie de propuestas programadas a ejecutar en el futuro en distintos plazos. La comunicación tratada como un instrumento estratégico se convierte en una herramienta dúctil que se amolda, en el tiempo, a los cambios producidos en los receptores. Las respuestas del público son retroalimentadas por el polo productor de los mensajes. Los emisores son los hacedores del

mensaje, para ello poseen conocimiento del tema, del receptor y de cada uno de los componentes de la comunicación.

Se habla de polo y de modelo de producción a los emisores, ellos son todas las personas y grupos que intervienen en la producción de las unidades de sentido y el modelo interpretativo designa a los públicos.

Asegurar una buena acogida de los mensajes viabiliza el éxito de la comunicación, lográndose con el conocimiento del receptor, su entorno y los sistemas sociales a los cuales pertenece. Estableciéndose segmentos y perfiles del público lo más cercano posible a la realidad. Cuando se pretende una comunicación estratégica con resultados eficientes, las fortalezas y debilidades del emisor deben considerarse, respetando recursos económicos, humanos y técnicos disponibles.

La construcción de las viviendas obedece a prácticas, en general, espontáneas que adolecen de errores porque sus constructores no cuentan con el asesoramiento de técnicos ni tienen acceso a manuales para construir con tierra, adaptados a su nivel de comprensión de un mensaje gráfico.

Se propone formular un Plan de Comunicación para informar sobre el tema construcción con tierra a diferentes públicos generando una nueva corriente de percepciones positivas respecto a las asociaciones establecidas de inseguridad, insalubridad y pobreza.

Para lograrlo se trazan como objetivos:

- Definir una muestra con un contorno lo suficientemente amplio para que sea capaz de contener un público amplio y representativo de usuarios y personas que se relacionen con las construcciones de adobe con el fin de formular un diagnóstico altamente abarcativo minimizando el margen de error.
- Formular un Plan de Comunicación lo suficientemente flexible para adaptarse a diferentes receptores que solamente poseen un denominador común, el contacto vivencial con las construcciones de tierra.
- Generar una imagen colectiva favorable a la tecnología con tierra en los usuarios y en los pobladores rurales en general.
- Posicionar el tema desde una actitud positiva.

3. ESTUDIO DEL PÚBLICO

Se detectan los públicos que se relacionan con las construcciones de tierra que poseen una imagen mental de estas construcciones, con el propósito de actuar sobre ellos, luego de conocer sus atributos además de las relaciones e interacciones entre los diferentes públicos.

Para analizar y definir el perfil del público y el conocimiento y profundidad del tema se trabajan los índices de notoriedad, contenido –diferencial semántico- y el de motivación en sus alcances positivos o negativos. Estas técnicas de investigación del público se aplican en una muestra extraída en el Departamento Pocito, perteneciente a una zona rural situada al sur de la capital de la Provincia de San Juan. Se realiza el estudio en las localidades que tienen la mayoría de sus viviendas construidas con tierra. Se seleccionan personas que viven en estas viviendas o que tengan algún contacto con este tipo de construcciones.

Para conocer el pensamiento del público sobre las construcciones de tierra se realizan entrevistas en profundidad semidirigidas, encuestas estandarizadas y aplicación del modelo de medición de la fortaleza de la imagen obtenida por el modelo de Bandz (Capriotti Peri, 2009).

En las entrevistas se escucha al entrevistado pero se trata de dirigir la conversación hacia los datos que se detallan a continuación y que serán de sumo valor a la hora de evaluar:

Datos personales

- Como está compuesto su grupo familiar, edades
- Nivel de educación del grupo familiar

Actividades

- Actividades que desarrolla el grupo familiar
- Actividades en tiempo de ocio
- Algún integrante de su familia sabe hacer trabajos de albañilería

Relaciones Comunitarias

- Pertenecen a alguna asociación comunitaria
- Con que integrantes de la comunidad tiene relaciones
- Que temas conversa con sus vecinos
- Que espera del gobierno municipal con respecto al sitio en que vive

Vivienda

- Que antigüedad tiene su casa
- Que es lo que más le gusta de su casa
- Que es lo que menos le gusta de su casa
- Que cambiaría de su casa
- Cree que su casa es cómoda
- Si tiene que realizar trabajos de albañilería a quien contrata
- Sabe de qué material son las paredes de su vivienda
- De las casas de sus vecinos cual es la que más le gusta
- Le gusta vivir en este lugar

Comunicación

- Que medios de comunicación ve, lee o escucha
- Que programas informativos de la TV le gustan más
- Que programas de radio le gustan más
- Qué origen tiene la información que posee de los terremotos
- Por qué calles transita cuando va a la villa

Sismo

- Le asustan los terremotos; por qué
- Qué hace cuando tiembla
- Con qué color asocia a los temblores

Patrimonio

- Que edificios antiguos del departamento recuerda o conoce
- Conoce la historia del departamento
- Que hechos históricos del departamento cree que son más importantes

El estudio del público consta de dos partes, la primera se refiere al estudio de las imágenes mentales que tiene la gente sobre las construcciones de tierra cruda. En la segunda se parte del diagnóstico y se propone un Plan de Comunicación que refuerce la imagen, si es positiva, o que trate de cambiarla en algunos aspectos, si es negativa. El Plan de Comunicación se aplica en el Departamento Pocito como un Modelo Experimental de alta replicabilidad en otros sitios con similares características y con las debidas adaptaciones a los diferentes públicos. A través de éstas técnicas y metodologías se mide la imagen mental para poder actuar sobre ella; para ello se realizan estudios de campo acercándose lo más posible a lo que la gente piensa.

La investigación de los públicos y sus ideas y el Plan de Comunicación se basa en todas sus partes y extensión en los conceptos y procesos vertidos por Capriotti Peri (2009).

Por momentos se siguen literalmente sus conceptos vertidos en el marco teórico y en los fundamentos de esta investigación. En los aspectos prácticos y propositivos se han seguido las ideas estructurales pero se han realizado adaptaciones dado que Capriotti Peri (2009) se refiere a la Comunicación en las Empresas. Aunque en variadas oportunidades él expresa que su estudio y metodologías no solamente son aplicados en el ámbito corporativo sino que se extiende a instituciones y otros públicos con otros intereses.

Origen de la imagen mental del público

Se obtiene como resultado que los públicos forman su imagen mental por la influencia primeramente de los contactos e interpretaciones de las comunicaciones masivas, sobre todo en lo relacionado con los fenómenos naturales como sismos, inundaciones y vientos. Este canal incentiva sobre todo el miedo y la desprotección: se puede perder la vivienda.

Los medios de comunicación son productores de noticias, proveedores de información, con una interface de interpretación y en oportunidades con intensiones que van más allá del bien común. También expresan opiniones, todas estas instancias a veces cargadas de redundancia que van moldeando las ideas, conceptos e imágenes que los públicos van formando sobre un tema.

Siguiendo el orden de las influencias un segundo canal de información para los públicos son las relaciones interpersonales, se trata de la influencia recíproca ejercida por las personas en su relación cotidiana. Tiene gran valor para la formación y modificación de opiniones, está dentro del interaccionismo simbólico encuadrado en la psicología social que da importancia a la formación de significados de los objetos y de las acciones humanas. En este punto se destaca como resultado de las percepciones de los pobladores respecto a las construcciones de tierra, el mal aspecto y la pobreza, con algunas respuestas favorables como la adaptación al clima sobre todo cuando se trata de casonas altas con gruesas paredes que determinan que sean frescas en verano y cálidas en invierno por sus cualidades térmicas.

Por último se detectó la información obtenida por los pobladores a través de la experiencia personal, directa o indirecta, que representa datos de primera mano, experimentados directamente, respuestas consideradas muy confiables. Se destacan las sensaciones de calidez y frescura que ofrecen las construcciones con tierra y el cariño y resguardo de los bienes propios, como las tecnologías heredadas de sus ancestros, aunque también surgen algunas ideas sobre la inseguridad y el miedo a los terremotos.

La información que reciben estos públicos es la causante de una actitud negativa o positiva, influenciada por experiencias pasadas o de otras personas y también por motivaciones y situaciones del momento. Es una información de alta calidad por su autenticidad y fiabilidad. Tiene fuerza de presencia, es veraz al menos para quien lo recibe.

También se puede concluir que a las ideas obtenidas por los medios de comunicación masiva u otras formas de circulación más reducida y de las relaciones interpersonales, los públicos no las consideran como propias pero no tienen conciencia de cuanto les influyen en su significado.

El público de zonas rurales posee opiniones claras sobre las construcciones de tierra asociadas a miedos, desprecio y pobreza pero también se refieren al respeto por estas técnicas constructivas, heredadas de generaciones anteriores, como también al arraigo a sus pertenencias.

Estas últimas son palabras claves de las cuales se desprende un análisis profundo de las construcciones mentales de la gente, llegando con la investigación al conocimiento de la imagen. Este es el punto de partida del Plan de Comunicación destinado a un público rural con características distintivas para cada sector.

Concluyendo, a partir del estudio de las percepciones de los pobladores se obtuvo el diagnóstico de sus imágenes mentales, resumido en la siguiente idea "la tierra cruda es un material de construcción que está asociado a: pobreza - apariencia desagradable - identificadas con clases sociales marginadas – insegura"[1].

4. PLAN DE COMUNICACIÓN

El público, los pobladores rurales, poseen imágenes mentales respecto a las construcciones de tierra cruda, especialmente a las de adobe dado que son las más difundidas y conocidas entre las tecnologías espontáneas que utilizan materiales del lugar, en el ámbito rural.

Con la elaboración del Plan de Comunicación se pretende conseguir el conocimiento de las imágenes mentales - imaginario colectivo - de los pobladores rurales, estudiando todas las instancias del proceso comunicativo para cambiar la imagen de las construcciones de tierra cuando se imponga erróneamente el aspecto negativo de éstas y reforzándola cuando esté sustentada en una actitud positiva por parte del público.

Se parte de este resultado y se quiere lograr una propuesta de puesta en práctica que desde la comunicación esté expresada en mensajes diferentes para los públicos y con distintos soportes y medios, pensando siempre en el receptor, sus filtros culturales, operativos y los referidos a los sentidos. En la construcción de las piezas gráficas la denotación estará situada cerca del receptor con menos capacidades para la interpretación acentuando la carga connotativa cuando el receptor sea capaz de comprometerse en la comprensión del mensaje desde su conocimiento.

La imagen de las construcciones de adobe debe existir en la mente del público; teniendo esta certeza se puede trabajar con las imágenes mentales. Además de estar, esa idea debe ser valiosa y se puede disminuir la influencia de los aspectos negativos, básicamente con información.

El público debe elegir una buena idea sobre las construcciones de adobe, acción que solo la puede lograr al seleccionarla entre otras alternativas con la posesión de conocimiento objetivo y verdadero. Debe también saber de sus beneficios y defectos posibilitando la formación de una actitud positiva. Este enfoque le ayudará a mejorar su calidad de vida al crearle una conciencia sobre las viviendas de adobe asociada a condiciones favorables como confortabilidad, estéticamente aceptables, higiénicas, adaptadas a las condiciones áridas y sísmicas en las que vive y a sus posibilidades económicas y constructivas.

La imagen es un capital importante por tanto es necesario que se planifique una actuación coherente que pueda influir en la imagen que se forman los públicos (Capriotti Peri, 2009, p.13)

4.1 El comunicador y el receptor

El objetivo del Plan de Comunicación es tratar de llegar al receptor con unidades de sentido que se alejen de la prefiguración considerando la otredad, el ser del otro hacer un esfuerzo para dejar de lado nuestro propio ser para llegar a la interioridad de los pobladores.

Propiciar un encuentro producido desde un diálogo alimentado por unos únicos códigos pensando en una variedad de resultados.

Se propone conservar los valores del comunicador sin interponerse en las ideas y el convencimiento de la gente que se ubica en el otro polo de la comunicación. Dejar la soberbia y trasponer el tradicional poder del emisor para dejarlo en el receptor elegido.

La idea rectora es trasmitir las bondades del adobe y de otros sistemas de construcción con tierra, elaborados con materiales locales donde se ponen en práctica la utilización y reutilización de los materiales naturales para crear un hábitat donde nada se destruye solamente se transforma.

La tierra, la paja, la caña, así como la madera son materiales naturales que están disponibles en las zonas rurales y se han utilizado para la construcción a través de los siglos.

El equipo de investigadores, emisores de los mensajes, basan su propuesta también apoyados por el resurgimiento de este tipo de construcciones, tras un largo periodo de abandono de estos sistemas constructivos en los que predomina la valoración de materiales industrializados. Actualmente las tecnologías que emplean materiales naturales se están utilizando cada vez con mayor frecuencia en mérito a sus beneficios, entre ellos, menores costos, propiedades de aislamiento termo acústicas, regulación de la humedad del aire, aumento de su sismo resistencia con la incorporación de algunas técnicas innovadoras, y mejoramiento de su percepción desde lo estético. A ello se le agrega la alta probabilidad de autoconstrucción por su facilidad de ejecución formando parte de las tecnologías alternativas o apropiadas y de baja intensidad tecnológica. Estas construcciones poseen un bajo impacto ambiental por utilizar materiales crudos extraídos directamente de la naturaleza y tienen la propiedad de ser reciclables. Sus percepciones no rompen el equilibrio existente entre lo natural y lo antrópico porque tienen un bajo impacto ambiental al ser reutilizables y no contaminantes.

El Plan de Comunicación tiene como objetivo asegurar la efectividad de la transferencia de estos conceptos por el comunicador mediante la facilitación de los procesos de percepción, lectura, comprensión, memorización y uso de la información presentada.

Se tiene en cuenta el receptor, no en sentido amplio sino segmentado. En primera instancia la preocupación está centrada en ofrecerles un mensaje que puedan interpretar para lograr a posteriori aplicar el conocimiento y las acciones que deriven en prácticas que tienen que ver con el reconocimiento de los pobladores rurales de las bondades de las construcciones de tierra.

Se considera a los receptores con sus individualidades cognitivas, culturales, expectativas, sentimientos, intenciones, sistema de valores y niveles de inteligencia.

El convencimiento que se tiene, parte de la idea de concebir unidades de sentido que no solo sean interpretadas sino que se convierten en una vía segura para actuar.

Los mensajes están compuestos de textos e imágenes elaborados por un equipo de especialistas en comunicación y arquitectos, especialistas en tecnologías apropiadas, contando con la colaboración de alumnos de la carrera de Diseño Gráfico. Estos especialistas se dan a la tarea de organizar la información verbal e icónica basados en sus conocimientos de procesos cognitivos, perceptuales, dominio de los signos y símbolos, investigación de las imágenes mentales de los receptores, además de los saberes sobre las construcciones de tierra.

Con este bagaje de conocimientos la construcción del Plan de Comunicación responde a las preguntas: ¿Qué se hace? ¿Para quién se hace? ¿Para qué se hace?

Se considera la comunidad y sus familias, todas las exterioridades e interioridades que manifieste, tanto los mensajes gráficos que consumen como los comportamientos cotidianos así como lo que expresan y la forma en que lo expresan a través de la palabra y sus énfasis o modo de decirlo: todo comunica para el observador entrenado.

Todas las personas del sistema social seleccionado tienen que conservar la esencia de la idea propuesta en los mensajes. Estas personas son células saneadas capaces de trasmitir,

de contagiar la aceptación de las construcciones de tierra, permitiendo un efecto sinérgico de todos los mensajes de la comunidad en forma clara y coherente.

4.2 Etapas del Plan de Comunicación

El Plan de Comunicación consta de tres etapas interactivas: investigación, planificación e implementación, que tienen una relación circular porque no se identifica el principio ni el fin. Las distintas actividades se enriquecen mutuamente y así se logran los objetivos y luego de evaluarlos se comienza nuevamente con el proceso, manteniendo el *background*.

La primera etapa es la búsqueda sistemática de información o investigación de la comunicación, para describir y comprender los públicos y la propia actividad de comunicación. En este conocimiento está la base imponderable para producir mensajes que en sí se constituyen en unidades de sentido.

Esta etapa una vez ejecutada con responsabilidad, permite desarrollar ampliamente la empatía y anticiparse a las respuestas del receptor y prever las conductas. Se identifican los públicos a los que llegarán los mensajes teniendo en cuenta: respuestas - actitudes- relación con el tema.

Los segmentos de público son docentes y alumnos de escuelas primarias de zonas rurales, usuarios con o sin conocimientos de construcción, y público en general, a quienes van dirigidos los mensajes, en diferentes soportes y canales.

Este es el resultado alcanzado en el Proyecto de Investigación en el cual está inserta esta ponencia.

Se realiza la segmentación del público receptor con el objetivo de construir comunicaciones adaptadas a cada sector. Para caracterizar los públicos se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Expectativas e intereses
- Caracterización demográfica
- Patrón identificable
- Caracterización psicológica
- Infraestructura de los públicos
- Hábitos de información

Para la producción de mensajes se identifican los conceptos estilos, que no sólo se refieren al aspecto físico del mensaje, a lo perceptible sino al significado, al aspecto interpretativo, a lo no perceptible, que es lo que debería comprender el receptor.

Paso seguido se seleccionan los medios, soportes, canales - como los medios de comunicación, las instituciones involucradas-, que constituyen las herramientas para llevar a cabo las actividades de comunicación, considerando el impacto de cada uno de ellos.

4.2.1 Campaña gráfica para el público en general

La campaña gráfica se realiza con la implementación de un sistema gráfico para la elaboración de folletos y afiches durante seis meses. El material gráfico cambiará cada mes pero constará de un identificador potente para establecer una continuidad de las ideas propuestas, comenzando con una función informativa, incrementándose la complejidad para lograr paso a paso la comprensión del tema.

El conocimiento y la visualización de la información aumentarán las expectativas del público en general sobre las bondades y requerimientos de las construcciones de tierra. Asegurando que no se puede aceptar lo que no se conoce. La inseguridad y la pobreza son dos conceptos que se pueden mejorar con el conocimiento de la tecnología y con ejemplos estéticamente agradables.

Los folletos y afiches se distribuirán en los edificios públicos, poniendo énfasis en las escuelas, centros de salud, entidades bancarias y en la municipalidad. Los afiches se expondrán además en la vía pública, en los carteles publicitarios del Municipio.

4.2.2 Folletos

Un folleto es un impreso reducido, que sirve como instrumento para la divulgación de ideas. Es una forma sencilla y económica, de informar sobre un tema.

El folleto que integra el Plan de Comunicación contiene imágenes a mano alzada y fotografías, con texto de frases cortas. El formato es un tríptico desarrollado en una hoja tamaño oficio para facilitar el fotocopiado; en lo posible será a color. Se distribuirá directamente al público en general, en los sitios antes mencionados. Otra forma de distribución es agregándolo a la edición del domingo del diario local.

Las características morfológicas que se tienen en cuenta en el diseño del folleto son:

- Redacción de títulos y subtítulos claros y atractivos.
- Argumentaciones sintéticas pero completas de los beneficios de las construcciones de tierra.
- Inclusión de fotografías de casonas y edificios construidos con tierra representativos para la comunidad.
- Texto acompañado con algunos dibujos esquemáticos fáciles de reconocer.

Se diseñan seis folletos, uno por mes, secuenciales y numerados, respetando el sistema gráfico. El primero informa sobre los materiales que se emplean para construir, que se encuentran en el lugar donde viven y que se extraen directamente de la naturaleza; el segundo se refiere a la confección del adobe y de la quincha, comparándolo con el nido del hornero; el tercero y cuarto versarán sobre técnicas constructivas de fácil ejecución, finalmente el quinto y sexto contendrán ejemplos de construcciones de tierra estéticamente agradables y otro tipo de construcciones que tengan valor para la comunidad.

4.2.3 Afiches

Los afiches son seis, uno por mes**.** El mensaje contenido en el afiche es una producción de sentido destinada a informar al público en una primera instancia; posteriormente se van presentando las denotaciones para acercarse a lo connotativo y procurando que el público interprete desde los materiales a utilizar en las construcciones de tierra, hasta la secuencia de los procesos tecnológicos. Se informa y persuade sobre las bondades y requerimientos de este tipo de construcciones. El fin de esta producción es motivar al receptor a pensar, juzgar, desarrollar y construir un conocimiento que le permita realizar conductas ulteriores conducentes a querer o llegar a interesarse por construir su vivienda con estas tecnologías.

Los elementos tanto icónicos como digitales que están dispuestos en el afiche se han concebido en forma ordenada y de fácil comprensión y se ha tenido en cuenta los perfiles y características de los receptores.

4.3 Programa educativo para docentes y alumnos

El Plan de Comunicación incluye este programa educativo con el objeto de integrar la educación impartida por las escuelas primarias del ámbito rural, con las técnicas de la construcción con tierra, a través de acciones conjuntas del equipo de investigación con la comunidad educativa, que tiene como protagonista a docentes y alumnos de tercero a sexto grado del nivel primario de zonas rurales, quienes en un proceso de enseñanza aprendizaje conocen el tema y trasmiten su valor cargado de sentimiento, en el diálogo cotidiano.

Es una propuesta pedagógica que propone la transmisión de saberes y experiencias a los docentes y estos a sus respectivos alumnos quienes lo transmiten a sus familias y amigos, bajo la dirección y supervisación del equipo de especialistas.

La metodología es sencilla, útil y aplicable en los niveles de educación primaria, poniendo especial énfasis en la participación de los distintos estamentos sociales de la comunidad educativa: directivos, docentes, alumnos, padres y vecinos, que se involucran en las tareas propuestas.

Esta participación responde al diseño de una transposición didáctica que comienza en el saber científico producido en la universidad y por medio de un equipo técnico es transferido a los docentes del nivel primario. Éstos, trabajan con sus alumnos y familiares, construyendo el conocimiento y la concientización sobre el tema propuesto, la construcción con tierra.

Se pretende provocar un efecto multiplicador que tiene como protagonista al alumno como trasmisor del conocimiento a su familia y a la sociedad, alentando la participación de todos en entidades intermedias y medios de comunicación para propiciar la defensa y difusión de la temática planteada.

Los alumnos se convierten en activos defensores de la idea rectora del Plan de Comunicación que es trasmitir las bondades del adobe y de los sistemas de construcción con tierra que emplean materiales locales.

Se propone un trabajo metodológico mancomunado entre todos los actores sociales que intervienen. Este proceso involucra a los especialistas que transmiten su conocimiento sobre las tecnologías constructivas que emplean materiales naturales, especialmente la tierra cruda, a los docentes primarios que intervienen en la experiencia, a través de cursos teórico – prácticos que incluyen los siguientes aspectos sobre el tema:

- Importancia de construir con tierra desde la antigüedad hasta el presente, en el mundo y en San Juan.
- Generalidades sobre tecnología y morfología de las construcciones de tierra.
- Bondades y defectos del sistema constructivo.
- Aspectos estéticos de las construcciones de tierra.
- Valor patrimonial del sistema constructivo.
- Monumentos patrimoniales construidos con tierra cruda.

Se trata de favorecer en los docentes la adquisición de conocimientos, destrezas, actitudes y competencias para trasmitir la temática en forma integral.

Los maestros reciben los mensajes, los adaptan y a su vez los transmiten a sus alumnos, quienes bajo su supervisión y la colaboración de sus familias, elaboran trabajos prácticos que tratan sobre el tema aprendido.

Concluidas las tareas de aprendizaje y evaluación, se realiza un Encuentro Comunitario donde los especialistas, docentes y alumnos narran a los asistentes lo aprendido y exponen los trabajos realizados. Se elabora un documento, escrito y en soporte digital, con contenidos teóricos elaborado por el equipo de profesionales intervinientes, que incluye también los trabajos prácticos de los alumnos. Este documento se distribuye en otras escuelas primarias del ámbito rural.

El objetivo de la realización de estas actividades donde intervienen docentes, alumnos y familias, se basa fundamentalmente en la idea de que los niños se sientan protagonistas y sean verdaderos embajadores de sus saberes y sentimientos.

4.4 **Programa educativo para los usuarios con o sin conocimientos de construcción con tierra**

Se plantea un proceso de enseñanza aprendizaje que desarrolle acciones capaces de propiciar en los actores intervinientes aptitudes y actitudes sobre el reconocimiento y aprecio por el uso de la tierra en las construcciones, paso previo y necesario para una verdadera valoración de las tecnologías con tierra cruda, propia de las comunidades rurales sanjuaninas que son las encargadas de custodiarlas.

Con esta transposición del conocimiento del ámbito científico a la comunidad se pretende fortalecer la identidad de los pobladores rurales a través del reconocimiento del valor de sus construcciones de tierra, de hacer consciente los valores y sentimientos que tienen hacia su vivienda construida principalmente de adobe, de tapia o de otras tecnologías constructivas donde tiene protagonismo la tierra cruda.

El aceptar su hábitat y valorar sus viviendas como algo propio que los identifica, es reconocer estos materiales y técnicas constructivas como propias, es elevarles la autoestima y propiciar que desde la práctica de sus saberes y sentires puedan rescatar su identidad que permanentemente se ve amenazada.

Estas acciones tienen como fin último mejorar su calidad de vida y potenciar sus capacidades para el uso de la tierra como recurso para construir sus viviendas, como también brindar el apoyo tecnológico adecuado a los hacedores de sus propias viviendas que emplean prácticas inadecuadas para zonas sísmicas debido a que recrean conocimientos empíricos heredados de sus ancestros, observándose una pérdida paulatina de características y detalles constructivos, dando como resultado edificaciones en condiciones cada vez peores en cuanto a su sismo resistencia.

Se plantea un proceso de comunicación en el que se trasmite conocimientos de construcción con tierra, a través del dictado de un Curso - Taller que motive a los asistentes a utilizar estos saberes como instrumento para construir sus propias viviendas u otros edificios, empleando la tecnología aprendida, poniendo énfasis en los cambios necesarios a realizar en las prácticas erróneas que se realizan comúnmente que disminuyen su resistencia al sismo.

El curso se desarrolla a partir de la transferencia del conocimiento teórico práctico del equipo de extensionistas, a miembros de la comunidad del Departamento Pocito. La formación se refiere al estudio particularizado sobre los materiales, principalmente el adobe, y a las tecnologías constructivas que utilizan la tierra cruda como materia prima preponderante.

Los cursos son teórico – prácticos y la formación se refuerza con la entrega de un manual de autoconstrucción confeccionado y probado en Proyectos de Extensión desarrollados en años anteriores. El dictado de las clases teóricas incluye mensajes gráficos adaptados al nivel educativo de los distintos receptores con el fin de favorecer el proceso enseñanza aprendizaje. Las clases prácticas consisten en la elaboración en el terreno, de adobes, como así también la ejecución de distintas etapas constructivas de las tecnologías con tierra, donde participan los alumnos con el asesoramiento y supervisión de los docentes.

Estos cursos se realizan con la colaboración del Municipio, quien realiza la convocatoria, provee el lugar tanto para las clases teóricas como para las prácticas, además de los materiales y herramientas necesarias.

5. REFLEXIÓN FINAL

El Plan de Comunicación se plantea en el Proyecto de Investigación pero se aplicará posteriormente.

Las etapas que se proponen ya han sido probadas en otros proyectos con buenos resultados. Se espera lograr una comunicación exitosa, dejando siempre un espacio para la retroalimentación, lo que permitirá a futuro realizar los cambios necesarios.

Las percepciones de los pobladores se irán nutriendo de buenas ideas en las distintas comunicaciones a través del tiempo. Si bien la comunicación ideal es difícil alcanzar, se intenta lograr una comprensión del tema y sembrar una semilla de curiosidad en sus recuerdos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capriotti Peri, P. (2009). *Branding corporativo. Fundamentos para la gestión estratégica de la identidad corporativa.* Santiago, Chile: Andros Impresores.

Rotondaro, Rodolfo (2002). *El proyecto en zonas áridas. Propuesta para el ecoproyecto con el altiplano argentino*. Memoria 1º Seminario – Exposición. Buenos Aires. Argentina. Editor Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU- UBA. Publicación Proterra/CYTED.

Nota

[1] PIC: *Estrategias tecnológicas y morfológicas de diseño sismo resistente para construcción y restauración de edificios de tierra*. Cód. 21/A852.Director. Arq. Juan Arturo Pereyra – Codirector Esp. Lic. Mabel Fábrega *Proyecto de Investigación.* CICITCA- UNSJ. (2012) San Juan. Argentina: Editorial FAUD.UNSJ

Currículos

Mabel Fábrega. Licenciada en Ciencias de la Comunicación. Especialista en Docencia Universitaria. Docente Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño – UNSJ. Experiencia en investigaciones referidas a Procesos de Comunicación en públicos de zonas rurales, Comunicación en Empresas y Patrimonio Inmaterial desde la comunicación. Profesor Titular de la asignatura Psicología de la Comunicación y Adjunto en Gestión Empresarial y Mercadotecnia a cargo del módulo Comunicación, Branding Corporativo y Brand. Equity. Ambas de la Carrera Diseño Gráfico.

Liliana B. Vega. Arquitecta. Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - UNSJ

Actividad en investigación referidas a Conservación del Patrimonio Urbano de pequeños poblados rurales y tecnologías apropiadas en zonas rurales árido sísmicas.

Arturo Pereyra. Arquitecto. Docente Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - UNSJ. Actividad en investigación referidas a Tecnologías Apropiadas en zonas rurales árido sísmicas.

Docente en las cátedras de Construcción con Tierra, Diseño Bioclimático e Instalaciones II. la Carrera de Arquitectura y Urbanismo.

INTERACCIÓN UNIVERSIDAD - COMUNIDAD

Ariel González[1], Jesica Albrecht[1], Giuseppe Mingolla[2]

[1] Departamento de Ingeniería Civil, Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Lavaise 610, Santa Fe, tel. (+ 54 342) 4696029
dptocivil@frsf.utn.edu.ar; aagonzal@frsf.utn.edu.ar
[2] La Terrada - (54 342) 155300700 - g.mingolla@virgilio.it

Palabras claves: Capacitación, Universidad, Obra-escuela

Resumen

Este trabajo muestra la interacción e intercambio producido entre diferentes actores de la sociedad civil entre los que se puede mencionar: organizaciones de base, universidades, y grupos de profesionales independientes que se reunieron para un curso teórico-práctico de construcción con materiales naturales.

Lo interesante del proceso de gestión previa fue una doble demanda, por un lado la solicitud de una cooperativa de viviendas en el dictado de un taller práctico para sus afiliados en donde se mostraran técnicas de construcción con tierra y por el otro una investigación académica universitaria que tiene como una de sus sedes a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de la ciudad de Venado Tuerto (Sur de la provincia de Santa Fe – Argentina), lugar en donde se realizó el taller.

La idea de juntar dos vertientes del accionar de la construcción con tierra, que al menos en nuestro país corren frecuentemente de manera paralela y separada, permitió que los autoconstructores y artesanos que tienen su objetivo puesto en la obra concreta conocieran los laboratorios universitarios, algunos desarrollos e investigaciones y accedieran a un pantallazo teórico de lo que significa recurrir al material tierra. Por otra parte desde el ámbito universitario se tomó contacto con demandas concretas y se trabajó en investigación-acción acelerando de esta manera los procesos de intercambio y vinculación entre el sector académico y el productivo.

En los 4 días en que se desarrolló la capacitación intervinieron docentes de la UTN Santa Fe, Rafaela y Venado Tuerto (que participan conjuntamente en el proyecto de investigación) profesionales independientes con experiencia en la construcción y transferencia de conocimientos (La terrada) y una amplia convocatoria de asistentes entre los que se puede mencionar alumnos, arquitectos, e interesados en general. Cabe destacar que el Concejo Municipal declaró de interés la convocatoria, dando un paso hacia el reconocimiento de la construcción con tierra como una alternativa de utilidad para el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto institucional de la Universidad Tecnológica Nacional denominado HORMITERRA, que vincula a las Facultades Regionales de Santa Fe, Rafaela y Venado Tuerto, y ante un pedido de asesoramiento para la realización de viviendas con técnicas de construcción en tierra, realizado por una cooperativa de vivienda de la localidad de Venado Tuerto, se organizó una instancia de difusión, capacitación y extensión universitaria bajo la modalidad de taller. La misma se centró esencialmente en la identificación de los distintos tipos de suelos y las técnicas que más se adecuan a cada uno para brindar herramientas a los integrantes de la cooperativa para su posterior elección en la tecnología a adoptar en la construcción de sus viviendas.

También existió una instancia de fortalecimiento de la institución Universidad que al realizar una instancia conjunta entre tres unidades académicas, si bien de la misma región, de diferentes ciudades, relacionó internamente a docentes investigadores y becarios. Asimismo se logró un reconocimiento externo del actuar universitario al mantener un dialogo fluido y de primera mano con sectores de la sociedad que requieren soluciones a sus problemas y que muchas veces no encuentran en los graduados universitarios un referente de consulta.

2. OBJETIVOS

Desarrollar instancias de capacitación-extensión que permitan vincular el ámbito académico con la comunidad involucrando no solo a los vecinos interesados en construir su casa sino también a profesionales de múltiples disciplinas, arquitectos, ingenieros y alumnos.

3. METODOLOGÍA: TALLER INFORMATIVO + OBRA ESCUELA

Se decidió realizar una primera instancia de taller informativo y de experimentación con diferentes tipos de suelos para el reconocimiento de los mismos y la comparación de su comportamiento ante diferentes estados de humedad y compactación que son adoptados en las técnicas de construcción en tierra. Esta actividad se realizó en aulas y laboratorios universitarios.

La segunda instancia fue la realización de una obra – escuela en la que cada uno de los participantes pudiera tomar contacto con las técnicas y conocer algunos aspectos de obra como ser vinculaciones, terminaciones, resoluciones constructivas adecuadas a cada diseño, etc. Esta actividad se realizó en el predio de la cooperativa de vivienda.

3.1. Primera instancia: taller informativo

El mismo se desarrolló en las instalaciones de la Facultad Regional Venado Tuerto, lo que permitió que las personas inscriptas que eran ajenas a este ámbito pudieran ver la forma de trabajo desde lo académico y evaluar la importancia de vincularse a la universidad para lograr asesorarse en aspectos básicos desde el aspecto tecnológico.

En concreto el taller tuvo una instancia de charla informativa donde se mostraron los usos que históricamente en todo el mundo se dio a la tierra como material de construcción así como también aspectos teóricos que hacen al reconocimiento de los diferentes tipos de suelos y cómo éstos se adecuan a las distintas técnicas de construcción.

Posteriormente se realizó una instancia de capacitación práctica (figura 1) donde el objetivo fue tomar contacto con los distintos tipos de suelos para lograr su reconocimiento en campo y trabajarlos en distintas situaciones de humedad y compactación para reconocer los diferentes comportamientos (“Test Carazas”)[1].

Figura 1. Capacitación práctica

También se mostraron en laboratorio las técnicas de BTC y tapia (figura 2) para que luego en la instancia de obra puedan ser desarrolladas por los asistentes.

Figura 2. Demostración de técnicas constructivas

3.2. Segunda instancia: obra escuela

Para la práctica en campo, realizada en el predio de la cooperativa, se diseñó un local con forma decagonal (figura 3), con la posibilidad de realizar muros con las diferentes técnicas constructivas adoptadas (quincha, tapia, BTC, adobe).

Figura 3. Obra-escuela

En el transcurso de la jornada sólo se logró construir con las técnicas de tapia y quincha debido a que, por razones lógicas de tiempo, los BTC y adobes construidos no se encontraban listos para utilizar.

Paralelamente al dictado del taller informativo, en la obra se preparaba el barro para la quincha y los adobes. En este punto cabe resaltar que los participantes entendieron que la forma de preparar el barro para la muestra en el taller puede ser muy divertida cuando se hacen con los pies pero luego de toda una tarde el cuerpo se encarga de explicar que este puede no ser el método más conveniente si se quiere construir una casa.

Llegado el día, se conforman grupos dirigidos por un ayudante que asiste en las dudas que puedan surgir en la operación de las herramientas, dosificaciones empleadas, etc. y los participantes son invitados a sumarse. Este taller en particular mostró una gran participación del público, que se sumó a todas las actividades (figura 4), con la intención de no perderse ninguna.

Figura 4. Actividades desarrolladas por los participantes

Durante el transcurso de las actividades se sumó al grupo un matrimonio (figura 5) interesado por la construcción y que manifestó conocimientos del manejo del material. A continuación un fragmento - síntesis de lo conversado:

¿Conocía las técnicas que fueron mostradas en el taller?
Conocían sólo el adobe. Utilizaban una técnica similar a la quincha, llamada "chorizo"

¿Existen diferencias? ¿Cuáles?
El adobe es el que conocían.

¿Qué otras técnicas de construcción utilizaban en aquella época?
Llamaban a la técnica "chorizo". Consistía en columnas de madera cada 2 metros, con alambre tensado, donde enhebraban los "chorizos" formados por barro y paja. Se hacía un pisadero donde se mezclaban la tierra del lugar, bosta de caballo y paja. Se lograba el amasado mediante el trabajo de un molino tirado por caballos. Una vez construidas las paredes, se revocaban con una mezcla similar (sin paja) y se blanqueaba con cal.

¿Con qué materiales realizaban las construcciones? ¿Eran locales o debían traerlos de otros lugares?
La paja utilizada era paja de lino, muy común en la zona y en la época. Los postes eran de quebracho. La tierra se obtenía de una cava en el lugar.
Lo que se compraba en otro lugar eran los tirantes y las chapas del techo. Sobre esas chapas colocaban paja de lino como aislante, que se cambiaba año a año.

¿Cómo se organizaba el trabajo en obra? ¿Quiénes construían? ¿Cuál era su capacitación?

La familia de colonos que alquilaba y se asentaba en el lugar, construía su vivienda con los materiales del lugar. Trabajaba toda la familia, con conocimientos adquiridos de boca en boca, sin intervención de especialistas capacitados.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

- Obra destinada a obrador o área de reunión de la cooperativa de vivienda

- Introducción de profesionales y la comunidad toda al ámbito universitario

- Capacitación de los participantes en las técnicas desarrolladas

- El taller fue declarado de interés municipal por la municipalidad de Venado Tuerto

- La convocatoria fue una sorpresa no sólo por la cantidad de asistentes sino por la diversidad lograda. Se convocaron alumnos, profesionales, vecinos, artesanos, integrantes de la cooperativa, etc. (figura 5).

Figura 5. Grupo de participantes

5. INCONVENIENTES

- Sólo se consigue mostrar las técnicas, los tiempos son escasos para una capacitación profunda que permita dar una certificación en la técnica.

- Si no se mantiene el contacto con el grupo de trabajo luego de la instancia de taller, puede ocurrir que se diluya el entusiasmo y poco a poco se trunque el proyecto.

6. CONCLUSIONES

El balance final de la actividad es positivo teniendo en cuenta la convocatoria; tanto en cantidad como en diversidad; el entusiasmo demostrado en todas las instancias y el diálogo fluido manifestado entre todos los sectores intervinientes. Esto habla de una importante voluntad no sólo de emplear técnicas de tierra sino también de construir (obras y ciudadanía) de manera interdisciplinaria, interinstitucional e intersectorial.

No obstante, notamos que se debe prestar especial atención a la continuidad y acompañamiento de estas instancias para que no sea una experiencia acabada en si misma en donde se incorporaron algunas informaciones y unos pocos saberes, sino que pueda ser el comienzo de un rescate de formas de reconstruir, sentir y pensar. En otras palabras, que este tipo de talleres obra – escuela no sean vistos como una instancia lúdica solamente sino como una enriquecedora comunión entre saber científico y saber-hacer popular que dé sus futuros frutos en soluciones habitacionales que sirvan al bienestar de la población.

A partir de la experiencia adquirida en éste y otros talleres organizados y realizados con la metodología propuesta por el mismo equipo de trabajo, y comparándolo con propuestas

similares que se ofrecen en la región, se advierte la necesidad de homogeneizar los contenidos para poder brindar certificados en las diferentes técnicas, para lo cual se recomienda estudiar qué saberes son más pertinentes desde el punto de vista de la disponibilidad de los recursos a nivel local y la posibilidad de generar emprendimientos con perspectivas de éxito tanto desde lo tecnológico, lo social y cultural.

Notas

[1] Ejercicio educativo desarrollado por el Arquitecto peruano Wilfredo Carazas Aedo, investigador asociado en CRAterre (Centre International de la Construcción en Terre); que consiste en combinar tipos de suelo, grados de humedad y tipos de compactación a manera de ensayos para comparar los resultados.

Currículos

Ariel González: Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica. Profesor e investigador de la UTN, Santa Fe, Argentina, trabaja en equipos interdisciplinarios en temas del hábitat urbano y rural. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda (ULACAV), miembro de la Red Ibero-americana PROTERRA y coordinador de la Red Argentina PROTIERRA.

Giuseppe Mingolla: Técnico Geómetra, Italia – Dirección de obra y Restauración Edificios Patrimonio Histórico, Italia – Estudio Arquitectura Arke, Paraná, Entre Ríos – Fundador Cooperativa Teko, Santa Fe – Fundador y Integrante Grupo Interdisciplinario Construcción con tierra La Terrada, Santa Fe – Coordinador y capacitador en talleres y construcciones de viviendas sustentables - Experimentado en el trabajo en equipos interdisciplinarios que abordan las temáticas del hábitat rural y aborígenes Wichi y Pilagá.

Jesica Albrecht: Ingeniera Civil, Becaria del Departamento Ingeniaría Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Participa en proyectos de investigación y extensión relacionados con las tecnologías sustentables. Es auxiliar docente.

Colaboradores: Pablo Costamagna, Oscar Braun y Mirta Sánchez

AUTOCONSTRUCCIÓN ASISTIDA CON TIERRA

María Carolina Lazzarini[1], Ariel González[2]

[1] Arroyo Leyes, Santa Fe, Argentina Tel. (054) 0342-155012000 mclazzarini@capsf.org.ar
[2] Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica Nacional, Santa Fe.
Lavaise 610, tel. (+ 54 342) 4696029 dtocivil@frsf.utn.edu.ar; aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Palabras claves: Autoconstrucción; Emancipación técnica; Resignificación del rol profesional

Resumen

En la región litoraleña que comprende la ciudad argentina de Santa Fe y sus alrededores, el material con el que históricamente se contó para construir fue la tierra y la madera. El cambio de las costumbres y paradigmas constructivos hizo que en la actualidad prácticamente no haya construcciones que se ejecuten con estos materiales. Desde hace algunos años comenzó a mostrarse interés por parte de profesionales y grupos de personas en rescatar algunas técnicas constructivas que emplean tierra cruda.

Los técnicos que abordan esta temática se encuentran con algunas dificultades. En principio la falta de información y formación del sistema educativo, la inflexibilidad de los códigos y funcionarios encargados de las oficinas de obras de los municipios y de los colegios profesionales, la falta de personal capacitado y comprometido en rescatar estas tecnologías constructivas, etc.

Desde una profunda convicción en la eficacia y conveniencia de un recupero de las ancestrales técnicas de construcción con tierra cruda para su aplicación en actuales diseños arquitectónicos, es que un heterogéneo y numeroso grupo de personas involucradas en esta temática acciona, por medio de la capacitación y experimentación, un modelo solidario de trabajo que se adapta a las necesidades espacio temporales y culturales del sector social con el que interactúa, proponiendo generar una alternativa de cooperación mutua entre el profesional que diseña y propone la solución técnica, un equipo de constructores naturales que asiste, capacita, colabora, y el grupo familiar que asume desde la autoconstrucción y autogestión la ejecución de su vivienda para, de esta manera, llegar a la emancipación técnica de los actores intervinientes resignificando roles y asociando intereses.

En esta ponencia se muestran algunos ejemplos de este accionar que confirman la viabilidad del modelo en el que intervienen profesionales, propietarios, aprendices, que interactúan permanentemente con la materia prima tierra y que la van interpretando e incorporando a su saber-hacer, a medida que se avanza, en los aspectos netamente constructivos.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como límites geográficos la franja costera sobre la zona de riachos y bañados al noreste de la ciudad de Santa Fe (figuras 1 y 2), extendiéndose unos 40 km al norte de la misma. La zona tiene tierra limo-arenosa con algo de arcilla especialmente en la vera de los cursos de agua, el relieve es llano sin ondulaciones y la presencia del río marca una característica importante.

Figura 1 – Ubicación geográfica

Lo que se comunica en este trabajo es un incipiente cambio de paradigma que ha comenzado en la región a partir de ciudadanos desilusionados con el fracaso del modelo moderno-desarrollista y el riesgo puesto de manifiesto en crisis energéticas, crisis sociales, globalización no resuelta, etc. Estos actores aportan nuevas miradas respecto a diversos aspectos salud, alimentación, educación, tercera piel (vivienda), a través de una revisión histórica “sui generis”. El conjunto de profesionales de la construcción que debiera intervenir

con sus conocimientos acompañando esta demanda, normalmente no está preparado para el desafío ya que no existe un sistema educativo que contemple estas necesidades. Así al no contar con las herramientas, se temen las críticas de los pares, y se trunca el reto que conlleva instalar otros modelos y cambiar la forma de trabajo hacia una estructura corporativa diferente.

Figura 2. Geografía de la región litoral – aborígenes construyendo con tapia (S XXVII)

2. DESCRIPCIÓN DEL TEMA

Se plantea el nacimiento de un nuevo modelo en donde se asume el desafío de la redefinición del rol de los profesionales de la construcción ante demandas de sectores de la población que eligen la tierra como material de construcción no por cuestiones económicas o de necesidad imperiosa sino como opción de vida.

A esto se suma la voluntad expresa de trabajar con la autoconstrucción y autogestión de los involucrados, teniendo especial importancia, por lo tanto, la formación y capacitación del autoconstructor.

Como ya se mencionó anteriormente, los profesionales de la construcción se encuentran con diversos obstáculos a superar:

- Falta de información y formación

  El sistema educativo no contempla la incorporación de estos saberes (en ninguno de sus niveles) ya sea por inercia en cuanto a la currícula de la construcción moderna, ya sea por la no adecuación del sistema legal y comercial a estas formas o bien por un falso concepto de la enseñanza de formas de construir de vanguardia que se consideran como las mejores.

- Dificultad en la obtención de insumos

  Inexistencia del eslabón comercial en donde se puedan adquirir elementos y materiales para la construcción natural con tierra cruda. Se puede inferir que al sistema industrializado de construcción con materiales tradicionales, que mantiene un negocio

económico del cual los que construyen sus viviendas son dependientes, no le interesa un cambio de costumbres constructivas

- Ausencia de normas que regulen y propicien la construcción con tierra

Ante el desinterés del estado por permitir el crecimiento de estas formas ancestrales de construcción se produce una situación de inflexibilidad en la aplicación de los códigos y normativas vigentes, a los que se le suma el poco interés de funcionarios encargados de las oficinas de obras de los municipios y de los colegios profesionales.

- Inconvenientes con la mano de obra artesanal

Al haberse dejado de utilizar estas técnicas en reemplazo de otras modernas e industrializada se produjo un vaciamiento en el saber hacer propio de albañiles y constructores, que conlleva a la falta de personal capacitado y comprometido en rescatar estas tecnologías constructivas.

3. UNA PROPUESTA DE CAMBIO

La propuesta pretende abordar el problema (necesidad de vivienda sana) desde la situación real, a partir de una mirada inter-sectorial, inter-disciplinaria, inter-actoral, para lograr un avance conjunto en pos de una solución posible (la casa debe materializarse en tiempo y forma).

Desde un comienzo la problemática se trata en conjunto con todos los actores, y se concede importancia prioritaria a la imaginación, para generar soluciones alternativas y nuevas roles.

Este modelo estratégico se relaciona con la tierra porque facilita el accionar y al no tener modelos al que adherir, permite crear permanentemente nuevas alternativas.

Se empoderan actores que en otros modelos solo demandan. El capataz termina siendo el dueño de casa (y viceversa).

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Como resultados tiene:

- Vivienda

Un ámbito sano y sentido por sus habitantes, normalmente con costos inferiores a otras tecnologías constructivas y características de confort ambiental y psíquico superiores.

- Capacitación

No solo se capacita a los propietarios y futuros habitantes, sino también a parientes, amigos y allegados. A través de trabajos colectivos se instruye a personas en una actividad constructiva que luego puede transformar su modo de vida.

- Intercambio de conocimientos y sentipensares[1]

El abordaje integral de la construcción del hábitat permite una integración de formas de construir con maneras de pensar y sentimientos que surgen al interpretar la construcción progresiva e inacabada del hábitat humano.

- Emancipación tecnológica y social

El involucramiento de todos los actores en todas las decisiones permite que a través del conocimiento, el razonamiento compartido y las sensaciones se logre una situación de liberación que posibilita elegir las opciones adecuadas a su propia realidad.

- Nuevos modelos para compartir y replicar

Toma el poder el que tiene la necesidad, el que habitará la casa natural.

- Resignificación de roles

En el paradigma anterior era el profesional quién sabía y tenía la última palabra. En el modelo propuesto se decide en conjunto con respeto a las opiniones de los actores y a los materiales que se van a usar.

Se mantiene la premisa: en el acuerdo para la construcción de la obra todos ganan, nadie se siente perjudicado.

4.1. Ejemplos

Se muestran obras nuevas realizadas en los últimos cuatro años. Las técnicas mas utilizadas en la zona son adobe, techo verde, entramado de madera y tierra conocido como quincha, bahareque o fajina, y revoques de tierra.

4.1.1. Obras sin profesionales

En los modelos de autoconstrucción y autogestión, el profesional interviene solo externamente para consultas puntuales vinculadas a determinados ejes, detalles técnicos, análisis estructural. Muchas veces estos consejos son solo parcialmente llevados a cabo.

La obra se desarrolla a través de “mingas”[3]

Las mismas son llevadas a cabo por jóvenes, que en su mayoría vienen de una búsqueda filosófica de volver a la tierra y reconectarse con los orígenes naturales del ser humano (figura 3).

Son ellos quienes se capacitan para diseñar los espacios, elegir los materiales y técnicas y construir la obra que luego habitarán. Muchos a la hora de solucionar su problema habitacional, construyen con su familia la ampliación de su vivienda.

En cuanto al financiamiento en este tipo de modalidad se resuelve con recursos propios.

Figura 3: Obras sin intervención de profesionales

4.1.2. Obras con profesionales

Por autoconstrucción y/o autogestión, el profesional participa desde el primer momento (se replica el paradigma tradicional de búsqueda del profesional que sabe y le resolverá problemas).

Se parte de necesidades constructivas concretas, en el modo en que tradicionalmente se consulta a un profesional. En algunos casos la inquietud de construir en tierra es propuesta

por los interesados y en otros es el profesional quién propone la construcción con este tipo de material.

Se hace un diseño participativo y exhaustivo respeto a la implantación de la vivienda (asoleamiento, vegetación, visuales, vientos predominantes, radiestesia[2]). Además resulta una práctica clave ir al terreno a meditar y observar, para sentirse parte de la naturaleza.

Se realiza una maqueta en tierra para que toda la familia y grupo interviniente comprenda la especialidad de la obra y se apropien de la misma.

Luego se organiza los recursos: disponibilidad de personas con tiempo para el trabajo, búsqueda y acopio de materiales (mayormente no hay un mercado establecido para su comercialización), etc.

Durante las primeras semanas el profesional concurre a la obra con mayor dedicación, para capacitar y generar confianza en el emprendimiento a llevar adelante. Sugiere métodos de organización y trabajo. Según la capacidad ejecutiva del grupo se diseña estrategias para la continuidad de los trabajos (la gente propone con lluvia de ideas). Después se deja librada la imaginación y los impulsos, se trabaja con la felicidad de los autoconstructores como un insumo más. Afloran la magia, la infancia, lo lúdico, la expresión artística (figura 4).

Figura 4: Obras con intervención de profesionales

En materia de financiamiento se están realizando gestiones entre profesionales y municipios para apoyar la obtención de financiamiento, por parte del estado, a particulares para la construcción con técnicas de tierra

El proceso nunca termina, la casa como organismo vivo dialoga con los moradores. Así como la ropa marca estilo en los individuos, también la vivienda muestra un estilo particular.

Con este nuevo modelo, denominado autoconstrucción asistida, el profesional es un feliz integrante de un grupo que gestiona en conjunto éxitos y fracasos (figura 5). Ya no es el personaje que debe lidiar con los sinsabores ante un mal trabajo de albañiles no comprometidos, las quejas de contratistas mal pagos, los reclamos inconsistentes de los dueños etc.

Figura 5. Emociones que genera esta manera de construir

El proyecto sigue siendo importante, especialmente en el primer momento de toma de partido y definir condiciones bioclimáticas de entorno.

Con todo lo anterior se puede inferir que la autoconstrucción asistida tiene como objetivo principal que las decisiones en torno a cada una de las cuestiones que hacen a una obra (diseño, elección de materiales, construcción, decoración, etc.) sean tomadas por el comitente habiéndose informado por el profesional. Para esto es necesario que el profesional cumpla un rol de intercambio y transferencia de conocimientos sin prejuicios y de acuerdo a los proyectos y expectativas del comitente.

5. CONCLUSIONES

El nuevo rol del profesional se relaciona más con el de un partero que ayuda a que nazca la idea que cada habitante tiene dentro respecto a como es su espacio, tanto en forma, en materiales, en usos, etc.

Se trabaja en el convencimiento de reabrir nuevos-viejos caminos para la autoresolución del problema del cobijo humano, entendiendo que la tierra es un material sumamente apropiado para generar no solo resultados materiales sino también instancias en donde la gente se sienta feliz (figura 4).

Surgen posibles respuestas a la pregunta acerca de que herramienta resulta adecuada para multiplicar y potenciar este método. Entre ellas, promover la formación de títulos como podría ser el “Maestro Mayor en Tierra” con reconocimiento académico y generar ámbitos de capacitación en conjunto con el estado del tipo Obra Escuela.

Notas

[1] Es el proceso mediante el cual uno se sienta lo que piensa y piensa lo que siente, conjugando dos formas de ver la realidad como son la reflexión y la emoción.

[2] La radiestesia es la antigua ciencia de obtener información mediante instrumentos como el péndulo, las horquillas y las varillas giratorias. Su uso más frecuente es el de encontrar venas de agua subterránea, también se puede ampliar para obtener información de otro tipo.

[3] La minga (minka en quechua) es una antigua tradición de trabajo comunitario o colectivo con fines de utilidad social. Ciertamente el significado de la minga se deriva del conocimiento que tenían los aborígenes de que realizando un trabajo compartido para el bien común, se lo hace más rápido y mejor (http://lamingaenmovimiento.wordpress.com/la-minga/)

Creditos fotográficos:

Todas las fotos de los autores excepto
superior derecha de la Figura 2: (www.juanarancio.com.ar/susobras , Abril 2013)
inferior derecha de la Figura 2: (*Hacia allá y para acá,* Florian Paucke - Edmundo Wernicke| 2010 | ISBN:9789872630102
Editorial: Espacio Santafesino Ediciones

Currículos

María Carolina Lazzarini: Arquitecta, egresada en 1996 de la Universidad Católica de Santa Fe. Hasta 2010 desarrolla actividad profesional privada, realizando obras de viviendas unifamiliares y colectivas, hospitales, escuelas y bancos. En los últimos años exclusiva dedicación a la capacitación y experimentación de arquitectura en tierra cruda participando en numerosos talleres de formación.

Ariel González: Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica. Profesor e investigador de la UTN, Santa Fé, Argentina, trabaja en equipos interdisciplinarios en temas del hábitat urbano y rural. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda (ULACAV), miembro de la Red Ibero-americana PROTERRA y coordinador de la Red Argentina PROTIERRA.

SISTEMA DE DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGÍA DE ADOBE REFORZADO EN EL SALVADOR Y OTRAS REGIONES DE CENTROAMÉRICA

Rosa Delmy Núñez[1], Magda Nohemy Castellanos[2]

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL
Reparto Sta. Alegría, Calle L-B No.7, Cdad. Delgado, San Salvador, El Salvador, Centro América.
[1] uprode@fundasal.org.sv, delmynut@yahoo.es; [2] magdacastellanos8a@gmail.com

Palabras clave: difusión, transferencia, adobe reforzado, reglamento, modelos

Resumen

El patrimonio edificado con adobe ha sido afectado como consecuencia de desastres por eventos sísmicos en diferentes momentos en la historia de El Salvador, principalmente en el parque habitacional. A nivel de país se han realizado esfuerzos por proponer nuevas prácticas de construcción con adobe reforzado como resultado de investigaciones científico técnicas, se ha formulado un Reglamento para fortalecer el Marco Regulatorio y se ha desarrollado un sistema de difusión y transferencia tecnológica adoptando los criterios de seguridad estructural para mejorar el comportamiento de la construcción con adobe ante sismos.

Este sistema de difusión y transferencia tecnológica contempla un proceso educativo a diferentes niveles de intervención mediante la construcción de modelos demostrativos, desarrollo de seminarios, talleres de capacitación y diseño de herramientas pedagógicas. Lo anterior ha permitido mejorar la capacidad sísmica de la vivienda social a nivel local. La vulnerabilidad ante sismos afecta a la región de Centroamérica y por esta razón los avances tecnológicos desarrollados en El Salvador se han transferido a otros países como Honduras y Guatemala, para introducir una cultura de prevención ante sismos.

Este trabajo describe la experiencia de difusión y transferencia tecnológica desarrollada en el marco del proyecto “Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente”, con el apoyo de la Agencia Internacional de Cooperación del Japón en articulación con otros actores mediante la construcción de edificaciones modelo de adobe reforzado como: un Centro Comunitario en la región de Choluteca en Honduras, la construcción de una Casa de Atención Materna para comunidades indígenas en el Municipio de Chinique, departamento de Quiché, en Guatemala y en San Salvador, en el Centro de Capacitación TAISHIN, de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL.

1. INTRODUCCIÓN

La región de Centroamérica está expuesta a una amenaza sísmica constante y en El Salvador se han registrado eventos que han causado cuantiosos daños. Las zonas afectadas han sido las más vulnerables y debido a la cultura constructiva con adobe, sin refuerzos, se afectó el patrimonio edificado y principalmente la vivienda auto construida.

Esto ha llevado a introducir una cultura de construcción sismo-resistente desde la mejora de la práctica constructiva conservando la tradición de construcción con adobe. Se ha promovido la aplicación de criterios de seguridad estructural producto de investigaciones realizadas en Latinoamérica y a nivel local en el marco del proyecto “Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente”.

Como resultado de las investigaciones se ha actualizado el Reglamento para construcción con adobe, que en su última versión fue aprobado en el año de 1946. La actualización del reglamento permite mejorar el marco regulatorio de construcción con adobe para vivienda de un nivel, aplicar la normativa en la formulación de nuevos proyectos y mejorar en consecuencia, la calidad de la vivienda y de vida de las familias, conservando la tradición constructiva con adobe, ahora reforzado.

En este documento se compartirán tres experiencias de transferencia de tecnología para la construcción con adobe reforzado en Honduras, Guatemala y El Salvador, que fueron desarrolladas en el marco del proyecto TAISHIN con la colaboración de actores locales y la participación de la población mediante prácticas de ayuda mutua.

2. ANTECEDENTES

En EL Salvador y posterior a los terremotos del año 2001, se desarrolló un proceso de investigación experimental y a nivel científico técnico para mejorar la capacidad sísmica de las viviendas de adobe. Después de nueve años de investigación del sistema constructivo de adobe se ha logrado regular los parámetros técnicos para viviendas de un nivel haciendo uso de criterios estructurales y geométricos que garanticen la seguridad de las construcciones.

Los ensayos realizados consistieron en el análisis de las dosificaciones adecuadas para la selección de suelos y elaboración de los adobes, se ensayaron modelos a escala natural en paredes sometidos a ciclos de tensión y compresión y se construyeron modelos de vivienda a escala natural que se ensayaron en una mesa inclinable.

Con base en los resultados de las investigaciones se formuló el reglamento para la construcción con adobe reforzado, bajo la coordinación del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) y actualmente está en proceso de legalización, sin embargo los insumos ya sirvieron de base para desarrollar las experiencias aquí transmitidas.

3. MARCO REGULATORIO

Desde la época colonial, El Salvador ha mantenido una cultura de construcción con adobe y dentro del marco regulatorio de la construcción, el instrumento legal con el que se cuenta para normar este tipo de construcciones data del año 1946, que por Decreto Ejecutivo se aprobó el Reglamento de construcción con adobe, orientado principalmente a grandes edificaciones como Iglesias, Palacios Municipales, etc. Este Reglamento no considera la amenaza sísmica a la que se encuentran sometidas las edificaciones en El Salvador y además su cumplimiento tiene un carácter discrecional por carecer de la viabilidad técnica que exige la vulnerabilidad del país.

Otro instrumento legal con el que se cuenta es un folleto complementario anexo a la Norma Técnica de vivienda, que dicta criterios constructivos y estructurales basados en las investigaciones realizadas en Perú para el sistema de adobe. Esta norma técnica también tiene una exigencia de cumplimiento de carácter discrecional por la debilidad del marco regulatorio en El Salvador.

A partir de los insumos obtenidos de la investigación estructural desarrollada en el proyecto TAISHIN, se ha actualizado el Reglamento de Construcción con Adobe y se encuentra en proceso de aprobación por el Gobierno de El Salvador a través del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano. A este Reglamento se anexará un manual de criterios técnicos que permita ampliar detalles de diseño geométrico y procesos constructivos que garanticen la aplicación de los parámetros establecidos en el Reglamento.

4. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La Región de Centroamérica está expuesta a las mismas amenazas en términos de vulnerabilidad sísmica, en ese sentido, los avances desarrollados en El Salvador a nivel científico técnico para la mejorar la capacidad sísmica de las construcciones han sido transferidos también a otras regiones del área como Honduras y Guatemala, con el objetivo de introducir la cultura de prevención ante sismos y promover además la conservación de construcción con adobe.

Para lograr este proceso de transferencia a diferentes niveles de intervención y siempre en el marco del proyecto TAISHIN, se promovió la coordinación con otras instituciones, Agencias de Cooperación y actores locales, lo que facilitó el proceso, los niveles de participación y la posibilidad de réplica de la experiencia.

El proceso de transferencia de la tecnología fue desarrollado principalmente por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, como parte integrante del proyecto y como institución que hace posible llevar a la práctica los resultados de las investigaciones desarrolladas desde y en conjunto con la academia. FUNDASAL ha trabajado en conjunto con otras instituciones y organizaciones para lograr transferir los conocimientos y hacer llegar los avances tecnológicos hasta pobladores, enfocándose en sus necesidades y aprovechando la tradición constructiva en adobe, respetando también el paisaje cultural de cada zona. Las intervenciones se desarrollaron en tres zonas de la región, donde se construyeron edificaciones con el sistema de adobe reforzado que serán utilizados como centro comunitario, centro de atención médica y un centro de capacitación.

En Honduras se construyó un centro comunitario con el sistema de adobe reforzado en un área de 180 metros cuadrados, creando un espacio de trabajo, convivencia y albergue durante situaciones de emergencia, para 81 familias hondureñas que habitan en la comunidad Matapalos Arriba, Municipio El Triunfo, Choluteca, Honduras.

En Guatemala se construyó una casa de atención materna en Chinique, Departamento del Quiché, una de las zonas con alto número de población indígena y que conservan la tradición de construcción con adobe.

En El Salvador se construyó un centro de capacitaciones en FUNDASAL, con el fin de contar con una muestra tangible que forma parte de una vitrina tecnológica para divulgar la construcción con adobe y al mismo tiempo crear un espacio para la transferencia y difusión de la reglamentación y técnicas de construcción con tierra.

5. METODOLOGIA DE INTERVENCION

La intervención se realizó en diferentes zonas de la Región Centroamericana, a partir de las necesidades de cada organización y de las familias que participaron en los procesos. La experiencia representó la oportunidad de introducir una cultura de prevención ante sismos, principalmente en Honduras y Guatemala, mediante el uso del sistema de adobe reforzado, lo cual implica un cambio en la práctica constructiva, con criterios de seguridad estructural.

Para una intervención efectiva se implementó una metodología basada en un proceso educativo, con el desarrollo de un programa de capacitación a diferentes niveles: en primer lugar institucional, para sensibilizar a las autoridades locales, en segundo lugar a nivel técnico académico con la participación de estudiantes de las carreras de arquitectura y de ingeniería y finalmente a nivel de líderes comunitarios y pobladores, para promover la réplica. Se capacitó a la población en el área técnico-constructiva para la construcción de las edificaciones y en el área socio organizativa, para potenciar la participación en los procesos, promover el uso de recursos locales y tecnologías tradicionales mejoradas.

En cada experiencia de intervención se interactuó con culturas diferentes y se presentaron desafíos nuevos en los procesos, tanto de capacitación como en la intervención física.

5.1 Programa de capacitación

FUNDASAL tiene como misión promover el desarrollo y la seguridad de las familias que viven en situaciones de precariedad económica y social, por esto, se desarrolló un programa de capacitación orientado a la transferencia de conocimientos técnico-constructivos para la construcción de edificaciones seguras y en el fortalecimiento de la organización comunitaria para la intervención física mediante el proceso de ayuda mutua solidaria.

La capitación técnico-constructiva se convirtió en un espacio práctico de aprendizaje, basado en un proceso de demostración, simulacro y práctica. Los contenidos se orientaron

al desarrollo de habilidades y destrezas que permitieron a los participantes apropiarse de una nueva práctica de construcción con el sistema de adobe reforzado, conservando una tradición constructiva y mejorándola a través del aporte tecnológico.

5.2 Intervención física

La intervención física consistió en la construcción de edificaciones modelo por los participantes de los programas de capacitación, con la asistencia de personal calificado en los sistemas implementados.

La intervención inició con la fase de producción de adobes y se utilizaron los recursos locales de cada sitio, se seleccionaron los bancos de material granular y suelo arcilloso, así como especies forestales y maderables, pétreos y otros recursos accesibles en la zona.

6. EXPERIENCIA DE TRANSFERENCIA Y EDIFICACIONES MODELO EN CADA REGION

6.1 Centro Comunitario en Honduras

Ubicación geográfica de 13° 7' Norte y 87° 0' Oeste, en la comunidad de Matapalos Arriba, del municipio de El Triunfo, departamento de Choluteca, Honduras, se construyó un centro comunitario con el sistema de adobe reforzado como una alternativa de construcción sismo-resistente ante la necesidad de la población, de tener un espacio de convivencia y albergue ante eventos climatológicos adversos (TAISHIN, 2012).

La coordinación para la ejecución del proyecto se realizó en conjunto con la Alcaldía Municipal, la Organización Comunitaria y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA, a través del Proyecto "Desarrollo de capacidades para la gestión de riesgos a desastres en América Central" (BOSAI) en Honduras y la asistencia técnica del proyecto TAISHIN en El Salvador a través de FUNDASAL.

Como parte de la asistencia que da FUNDASAL, se organizó a la comunidad para que trabajaran conjuntamente hombres y mujeres, distribuyéndose las labores de construcción bajo el sistema de ayuda mutua solidaria (figura 1).

Figura 1. Mujeres participantes en la construcción de Centro Comunitario

En la comunidad de Matapalos Arriba se encuentran muchas casas de adobe por ser una tradición y práctica local, sin embargo no se aplican criterios de seguridad estructural por no tener una cultura de prevención ante sismos, aún cuando están muy organizados para la prevención de otro tipo de desastres. Con la experiencia han conocido la tecnología de adobe reforzado y criterios de sismo resistencia. Estos conocimientos adquiridos les permitirán hacer mejoras en sus viviendas y réplicas en vivienda nueva.

Con este proyecto no solo se deja un modelo replicable en la zona, sino que también se deja en las personas el aprendizaje de las técnicas que ellos mismo aplicaron para la construcción del centro comunitario. Ahora los líderes y pobladores de esta comunidad están preparados para enseñar a las nuevas generaciones una mejor técnica de construcción con adobe reforzado y sienten la confianza de que cuentan con un lugar seguro para la convivencia entre familia y un resguardo en caso de una emergencia.

6.2 Casa de Atención Materna en Guatemala

Ubicación geográfica de 15° 2' Norte y 91° 1' Oeste, en el municipio de Chinique Las Flores, departamento de Quiché, en Guatemala, se construyó la casa de atención materna, como una necesidad de construir un lugar seguro y estable donde las comadronas que atienden a las mujeres embarazadas en la comunidad indígena pudieran prestar un servicio seguro y en una edificación cómoda, que además ofrece el confort necesario para las condiciones climatológicas de la zona, con temperaturas bajas (TAISHIN, 2013).

En las comunidades indígenas de este municipio el paisaje muestra la tradición y cultura en las viviendas construidas con adobe. En esta zona del país predomina le lengua Quiché y buena parte de la población también habla español. Esto se convirtió también en un reto para el desarrollo del programa de capacitación, para diseñar las herramientas pedagógicas adecuadas para transferir la tecnología.

La coordinación para el desarrollo de la experiencia se realizó mediante el contacto que la organización de Médicos Descalzos (MEDES) y Arquitectos Sin Fronteras (ASF) hicieran con el proyecto TAISHIN en El Salvador y con FUNDASAL.

FUNDASAL como contraparte del proyecto TAISHIN brindó la asistencia técnico-constructiva, se desarrolló un programa de capacitación y se hizo la transferencia de la construcción con el sistema de adobe reforzado, adecuándolas a las tradiciones y cultura constructiva de esta región.

Ahora las comadronas y la comunidad cuentan con un lugar seguro y estable para atender a las futuras madres, con la medicina natural en un ambiente natural, como parte de sus tradiciones por generaciones, además, conocen nuevas prácticas de construcción para mejorar la capacidad sísmica de sus viviendas conservando su tradición constructiva (figura 2).

Gracias a esta experiencia, en esta zona de Guatemala se conocen las prácticas adecuadas de construcción con adobe reforzado, se cuenta con una casa como modelo replicable y está sirviendo de muestra tangible debido a que a pesar que la zona fue muy afectada por los simos del 7 de noviembre de 2012, las edificaciones no sufrieron ningún tipo de daño y esto ha propiciado que diversas organizaciones y familias visiten la experiencia y se reconozca como una buena práctica.

Figura 2. Comunidad Indígena participante en la construcción de Casa Materna

6.3 Centro de Capacitaciones de FUNDASAL

Ubicación geográfica de 13° 42' 35" Norte y 89° 07' 00" Oeste, en el Municipio de Ilopango en San Salvador, se construyó el Centro de Capacitaciones de FUNDASAL, como medio para la sostenibilidad, difusión y transferencia de los resultados de las investigaciones, reglamento y normativa creada en el marco del proyecto TAISHIN.

La experiencia de capacitación en este edificio se orientó hacia la academia, estudiantes de ingeniería y arquitectura y otras organizaciones no gubernamentales que participaron en el proceso

(figura 3). Se hizo una difusión de la propuesta de actualización del reglamento de construcción con adobe y se logró sensibilizar a estudiantes y profesionales sobre el uso de tecnologías de construcción tradicionales mejoradas con la adición de refuerzos para mejorar su capacidad sísmica.

Durante el proceso constructivo se desarrollaron diversos talleres de capacitación con la participación de estudiantes, catedráticos, representantes de ONG y pobladores. Esta práctica permitió que conocieran y aplicaran el sistema de adobe reforzado, mediante el proceso de aprender-haciendo.

El Centro de Capacitaciones fue construido por los técnicos y capacitadores de campo de FUNDASAL quienes son los agentes multiplicadores de estas tecnologías en los diversos programas de capacitación hacia las comunidades. La edificación también forma parte de una vitrina de tecnologías junto a otras edificaciones en el mismo Centro de Tecnologías Constructivas de FUNDASAL y junto a otras 10 edificaciones comunitarias existentes en la zona y construidos con diversos materiales alternativos.

Figura 3. Estudiantes participan en elaboración y colocación de adobes

7. LOGROS E IMPACTOS

Con la actualización del Reglamento de Adobe Reforzado para viviendas de un nivel en El Salvador se está logrando regular los parámetros de construcción y la introducción de criterios técnicos y de seguridad estructural y han trascendido los resultados a otros países de la región de Centroamérica.

Con la construcción de una edificación modelo como el Centro de Capacitaciones en la zona central de El Salvador se ha logrado tener una muestra tangible del sistema de adobe reforzado de un nivel y se promoverá su réplica en proyectos de vivienda principalmente en la zona rural.

Se ha logrado un impacto a nivel regional de la construcción de edificaciones modelo con el sistema de adobe reforzado, transfiriendo conocimientos a otros pobladores de la zona con el objetivo de que se repliquen las buenas prácticas.

En la comunidad de Matapalos Arriba en Honduras se ha logrado contribuir en la construcción de un centro comunal y albergue para las personas de esta zona y se han transmitidos nuevos conocimientos, contribuyendo también al desarrollo de la comunidad por medio de una herencia de conocimientos así como de trabajo en ayuda mutua y una buena organización de las familias en la comunidad.

En la zona indígena de Chinique Las Flores en Guatemala, se ha logrado la transferencia de las técnicas sismoresistentes en la construcción con adobe de una Casa de Atención Materna, que permitirá que las mujeres de la zona trabajen y atiendan dignamente a mujeres embarazadas, respetando la cultura y tradición en la comunidad.

Se ha logrado conservar el paisaje rural en la zona, a través del rescate de la tradición constructiva y de la aplicación de materiales y sistemas que no contrastan con el ambiente, y se ha conservado el hábitat mediante el uso de los recursos locales y el fortalecimiento de la mano de obra local y de la participación directa de las familias en el proceso.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

THAISIN (2012). Transferencia de tecnología sismoresistente. Proyecto Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente. Matapalos, Honduras. Video.

THAISIN (2013). Construcción de casa materna en Chinique Las Flores. Proyecto Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente, Guatemala. Video.

Currículos

Rosa Delmy Núñez, Ingeniera Civil, Investigadora de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, Miembro de la Red Proterra, Coordinadora por El Salvador Plataforma Mesoameri-kaab para la construcción con tierra, Investigadora del Proyecto Taishin en El Salvador, Ex miembro de Proyectos de Investigación PROTERRA y CASAPARTES, Programa CYTED/HABYTED.

Magda Nohemy Castellanos Ochoa, Ingeniera Civil, Capacitadora Técnica de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, Asistente Técnico del Proyecto TAISHIN en El Salvador.

NIÑAS Y NIÑOS CONSTRUYENDO CON TIERRA: BASES DE UN NUEVO PARADIGMA

Griselda Mariana Ricciardelli[1], Noelia Rivero[2]

[1] Proyecto Obra de la Tierra, Buenos Aires, Argentina. / Programa ARCONTI, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires / Centro CIDART, Ciudad de Buenos Aires, Argentina. gricciardelli@gmail.com
[2]Proyecto Obra de la Tierra, Buenos Aires, Argentina. obradelatierra@gmail.com

Palabras claves: tierra, educación infantil, trabajo social.

Resumen

En este trabajo se comparten las reflexiones sobre las acciones, avances y aportes realizados hasta la fecha en los sucesivos talleres del proyecto Obra de la Tierra. Dicha labor se encuentra coordinada y dirigida por un grupo de mujeres profesionales independientes y cuenta con el aval del programa ARCONTI junto al Centro CIDART.

El taller Obra de la Tierra nace de la articulación de tres ejes de reflexión contemporánea: la niñez, la educación y la construcción con tierra. El taller está dirigido a niñas y niños de 3 a 12 años, y en extensión a sus madres, padres y educadores. El contexto elegido es urbano y conurbano, especialmente barrios emergentes. El taller se inserta dentro de diferentes espacios de educación formal y no formal: espacios públicos (plazas y ferias) y centros culturales.

La propuesta de Obra de la Tierra consiste en que sus participantes desarrollen experiencias sensibles de los procesos constructivos con tierra. Las herramientas didácticas diseñadas para el taller son juguetes hechos con materiales reciclados que desarrollan las técnicas constructivas con tierra a escala, con los controles de calidad y proporciones de tierra utilizada idénticos a los que se utilizan para la construcción. La metodología aplicada es explicativo-práctica: se proponen varias “estaciones”, que constituyen los pasos a transitar para llegar a la construcción, divididas en: a) reconocimiento de materiales en seco (pequeños bloques de adobe ya armados, pruebas de campo de suelos); b) preparación de la tierra y fibra; c) creación del barro pisado o amasado; d) producción de adobes o quinchas a escala; e) construcción de maquetas.; f) charla, debate y registro fílmico de la experiencia.

El impacto del taller en los participantes y comunidad elegidos resulta positivo, relevado en los siguientes indicadores: las niñas y niños incorporan la tierra como material lúdico; el juego habilita un conocimiento constructivo que se extiende a su núcleo familiar y educativo; se revaloriza la tierra, antes entendida como una carencia en el contexto habitacional; se desarrollan experiencias psicomotrices de contención saludable; se genera una relación de respeto, valor y cuidado con el ambiente; se restablecen lazos de memoria con la tradición y otras culturas que construyen con tierra; entre otros.

Por todo esto, el proyecto Obra de la Tierra es un aporte decisivo en el cambio de paradigma ambiental en pugna, insertando las últimas reflexiones de la arquitectura en materia de tierra en el campo educacional y eligiendo como destinatarios a niños y por corolario las familias; accionando de esta manera, a través del juego, en las bases sociales donde puede ser forjada una nueva ética constructiva, ambiental, cultural y educacional comunitaria y emancipadora.

1. INTRODUCCIÓN

Obra de la Tierra es el nombre del presente proyecto, sus partes y actividades componentes. Se trata del diseño de un juego en el cual sus participantes, en especial niñas y niños, pueden realizar elementos constructivos con tierra. Para ello se han creado los juguetes que se requieren como herramientas didácticas, y el conjunto juego-juguete se implementa en talleres desarrollados en distintos ámbitos educacionales y culturales, donde las niñas y niños logran construir en escala, con las mismas técnicas que se utiliza en la arquitectura especializada en tierra. El proyecto halla su base teórica en el concepto de *sustentabilidad*, puesto en práctica desde el campo de la arquitectura, en la acción de

construir con tierra, a través de un ejercicio lúdico que además de cumplir fines educativos y promoción de lo sustentable, activan la reflexión sobre el rol social para el cambio de la educación y el lugar que ocupan los juegos infantiles en la actual sociedad. Como resume la figura 1.

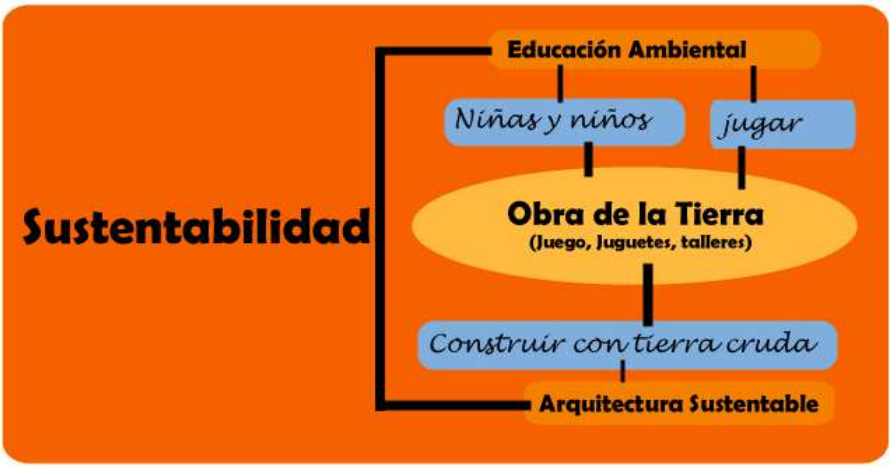


Figura 1: Cuadro síntesis de conceptos que abarca el proyecto

2. ANTECEDENTES

Se encuentran acciones aisladas de talleres de construcción con tierra para niños. Desde determinados centros de ecología y permacultura se invitan a escuelas a jornadas de trabajo con tierra, se realizan en ellos construcción con tierra y huerta. En Córdoba, en la localidad de Salsipuedes, existe el Ecobarrio Villa Sol, donde la fundación Pro Eco San Miguel tiene como objetivo lograr un desarrollo sustentable y solidario basado en una relación armónica de los seres humanos entre sí y con la madre tierra. Realizan, entre otras actividades vinculadas al tema, ecovivencias educativas, visitas y talleres infantojuveniles. La coordinadora de este proyecto, la Arq. Isabel Donato, testimonia que: ”De lo que sí estamos seguras es que la actividad con la naturaleza baja el nivel de violencia. Y las muchas experiencias vividas al respecto, aun en situaciones extremas en que los chicos venían con mucha carga de violencia e incluso enemistad entre grupos, se iban hechos una seda y diciendo que querían que ‘El mundo fuera como *San Miguel*’, que era el nombre del complejo donde los recibíamos.”

La Ecoaldea Velatropa, en la Ciudad de Buenos Aires, recibe chicos de diferentes escuelitas, niños y adolescentes, grupos de cuarenta o cincuenta participantes, donde desarrollan actividades de construcción natural con tierra. En general hacen modelado directo o adobe, utilizan estas técnicas ya que resultan de sencilla ejecución, estimulando la participación para entrar en contacto con la tierra como elemento. En Barcelona, España, durante la semana cultural del Centro de Educación Infantil y Primaria “Joan Miró”, se realizaron distintos murales hechos con morteros de arcilla naturales, a través del programa infantil "Atisbarro" de ESTEPA, con el objetivo de que los más chicos descubrieran la tierra a través de la experimentación y la expresión artística. También se hicieron pequeños adobes con distintas tierras. El evento fue organizado por Arquiterra y ESTEPA, en colaboración con Base-A y Ecoarquitectura, Xarxa Gabi Barbeta y con el apoyo de Ecoclay.

3. UBICACIÓN

Si bien los talleres están preparados para extenderse en el país, la región inicial elegida y donde se vienen desarrollando las experiencias es la Ciudad de Buenos Aires, entre otros lugares pueden mencionarse el Centro de Cultura Pachamama (Villa Crespo), Mercado Punto Verde (Chacarita), Feria de Gente Pequeña, (Abasto), la F.L.I.A. (Feria del Libro Independiente y Autogestiva), Espacio Albariño, Barrio Gral. Belgrano (Mataderos), Reserva ecológica costanera sur (Puerto Madero); y en el conurbano bonaerense el Jardín de

Infantes Santa Clara, que se encuentra en el barrio San Pablo, partido de Tigre. Por otra parte, el juguete se expone y comercializa en varios locales especializados en productos infantiles sustentables, artesanales y didácticos.

4. CONTEXTO SOCIAL

Si bien uno de los objetivos es sociabilizar y difundir a nivel nacional las técnicas constructivas con tierra, el proyecto se enfoca en el contexto urbano y periurbano, ya que son las regiones que más alejadas están de la tradición con el material y que, por su contexto cultural y físico, rara vez sus niñas y niños tienen acceso al contacto con la tierra como material de construcción. Son ámbitos donde las prácticas con tierra tienden a ser rechazadas, desvalorizadas, o fueron suprimidas.

De acuerdo al último censo, en Argentina la población total del país es de 40.117.096 (INDEC, 2010), en la Ciudad de Buenos Aires viven 2.890.151 personas, de las cuales 503.485 son niñas y niños menores de 15 años. Se trata de medio millón de niños creciendo en un contexto donde las últimas políticas habitacionales fueron en desmedro de lo ambiental, observándose una ciudad que destruye espacios verdes, los cierra, los condiciona a horarios y rutinas pautadas, los comercializa a empresas constructoras que en la mayoría de sus emprendimientos no realizan los estudios de impacto ambiental adecuados ni promueven desarrollos sustentables, habiendo ocasionado, durante el 2012, varios derrumbes, accidentes en caños maestros y la muerte de varios de sus empleados constructores, llevando a la ciudad de Buenos Aires a una creciente situación crítica habitacional-ambiental para los próximos años.

Paralelamente, los juegos y juguetes que se presentan en el mercado masivo de consumo, son juguetes que estimulan la repetición de hábitos socioculturales nocivos y lógicas de pertenencia que estigmatizan y reproducen modelos culturales en decadencia (armas, juegos de guerra, juegos de mesa cuyo fin es acumular dinero, o competencias que prevalecen el individualismo por sobre los fines comunitarios y para las niñas se producen juegos que continúan perpetuando la desigualdad de género), sin mencionar los videojuegos para computadoras y consolas, que merecen y tienen un estudio sociológico aparte que excede el objeto de este escrito. No obstante alcanza con señalar que los mismos condicionan al niño a un juego solitario frente a una pantalla, funcional con la diagramación de la ciudad, con el movimiento casi nulo de su cuerpo, en contacto con imágenes violentas o de competencia sin ética que desdibujan los avances en materia de derechos humanos que ha logrado nuestra civilización.

Pero, por otra parte, existe un creciente mercado artesanal de juegos y juguetes que propone nuevas lógicas de valores de convivencia, en donde se utilizan materiales naturales, de fabricación y formas de consumo responsable, una expansión de pedagogías holísticas y críticas como las propuestas por Paulo Freire o Pedagogía 3000, entre otras. Como dato concreto, durante el año 2012 se implementó en la educación formal de la provincia de Buenos Aires, el Día del Juramento Ambiental, que se realizará todos los 5 de junio, instancia en la que los adolescentes se comprometan a proteger el medioambiente, sus ecosistemas y todos las formas de vida manifiestas en la Tierra. (R21, 2012)

5. MEMORIA DESCRIPTIVA

Como se indicó en la Introducción, Obra de la Tierra es tanto un juguete que se utiliza como herramienta didáctica en el juego que activa y también los talleres que lo implementan, en educación formal y no formal. Tiene como objetivos generales: transferir una tecnología y un saber hacer que permite incorporar a través del juego, en niñas y niños, prácticas constructivas con tierra. Recuperar credibilidad social en la construcción con tierra a través de la educación y con ello volver a valorar la identidad constructiva característica en las diferentes regiones del país. Fortalecer vínculos solidarios a través de la acción práctica grupal. Incorporar juegos con materiales naturales, saludables, cooperativos y creativos, que

impliquen conocer procesos que salgan de lo inmediato y lo descartable. Desarrollar un espacio de contención y estímulo creativo para niñas y niños, fomentando la equidad de géneros. Fomentar un material de juego económico, renovable y saludable, que permite construcciones duraderas. Comprender el mundo que nos rodea, la diversidad cultural, la naturaleza, la capacidad constructiva. Estimular el pensamiento lógico y la motricidad.

5.1. El juguete

El juguete se compone de una porción de mezcla de tierra estabilizada y fibras en seco, respetando proporciones y condiciones de estabilización idénticas a las utilizadas para construir; un molde doble encastrable de madera, de tres por seis centímetros cada bloque; y el instructivo que describe y desarrolla cómo utilizar el juego, con textos y gráficos ilustrativos. Todos los elementos que lo integran tienen manufactura artesanal y de reciclaje. El pack contenedor de la tierra y del molde es un tetrabrik reciclado, forrado con retazos de tela, estampado en su frente con el dibujo que identifica Obra de la Tierra, confeccionado con el arte de la xilografía. La tierra utilizada es rescatada de pozos para cimientos y/o volquetes u obras de las localidades en donde viven las personas que integran el proyecto. Se le realizan las pruebas de campo correspondientes, en idéntica forma que la utilizada para la construcción, y en base a los resultados se realizan las estabilizaciones; hasta el momento fue sólo necesario agregarle arena; se tamiza y se le agrega la proporción de fibra, la misma se obtiene de viruta de madera desechada por los comercios del ramo y verdulerías. La madera utilizada para los moldes son desperdicios de las madereras, por lo general fibrofácil de tres milímetros, los cuales también respetan proporciones y tratamiento idénticos, limpieza y protección, a los moldes de adobe de construcción. Las partes componentes del Juguete se observan en la figura 2.

Figura 2: Partes componentes del Juguete

5.2. El juego

Luego de la lectura del sencillo instructivo o el visionado del mismo en la página web, el niño debe mojar la mezcla hasta obtener la consistencia adecuada, armar el molde encastrable, rellenarlo y desmoldar los pequeños bloques de adobe en una superficie lisa, donde se pueda dejarlos secar un día o dos, dependiendo de la temperatura ambiental. Una vez que los bloquecitos ya se encuentran secos, puede pasar a realizar sus construcciones, uniéndolos con el mismo material proporcionado. Se dan instrucciones también de cómo acopiar más tierra para completar las construcciones deseadas, indicando las alternativas de fibra y la proporción en que debe ser mezclada. Debe recalcarse que el juego no produce desperdicio ya que el molde no es descartable, el pack puede contener los adobitos realizados y las creaciones hechas en adobe, las cuales una vez finalizadas pueden ser reutilizadas en el simple hecho de trozar la construcción y humedecerla nuevamente hasta obtener la materia consistente para rellenar el molde.

5.3. Talleres

Los talleres cuentan con metodologías que se adaptan al contexto en el que se insertan, y se ajustan en edades, duración y contenido según el trabajo conjunto con las partes que intervienen en la puesta en marcha del mismo. Están puestos en práctica dos formatos: el de jornada única de tres horas de duración, y el implementado en el lapso de un mes, distribuido en cuatro jornadas de tres horas de duración una vez por semana.

Las condiciones necesarias para llevar a cabo los talleres implican herramientas básicas, como algunos baldes, tamiz, cucharas, trapos y una superficie rígida de apoyo (maderas o cartones). El lugar puede ser cubierto o descubierto, preferentemente esto último para estar en contacto con otros elementos naturales, como el sol, el viento, la vegetación y el agua. Es ideal contar con tierra del lugar y un poco de arena, si no hay disponible en el sitio se llevan junto a los juguetes "Obra de la Tierra", que son con los que se desarrollan el taller, más un molde de adobes doble, en escala real, para hacer una breve experiencia comparativa. Si se cuenta con maderas en el lugar, se realiza un molde reciclado, verificando una vez más la accesibilidad y posibilidad de concreción de la técnica en casi cualquier contexto.

5.3.1 Taller de jornada simple

La metodología del taller es explicativo-práctica, y durante su desarrollo se generan las instancias de reflexión y teoría. Está dirigido a niñas y niños de 3 a 12 años, la cantidad de participantes es de aproximadamente 25 personas, divididas en equipos que interactúan en las diferentes "estaciones" de selección, preparado y puesta a punto del material para transformarlo en elemento constructivo. La duración de la jornada es de tres horas. El taller se divide en "estaciones", y el elemento constructivo puesto en práctica hasta el momento es el adobe. La primera estación, *"De la materia al material*", consiste en el juego de seleccionar las cantidades necesarias de tierra y fibra y se procede a limpiar, tamizar la tierra y picar la fibra. En esta instancia se toma contacto con los diferentes materiales en estado natural. La segunda estación, *"El material"*, consiste en mezclar en seco las proporciones adecuadas de los materiales preparados y luego agregarles agua, creando el barro. En este momento se desarrolla la etapa de labor colectiva y de gran disfrute. La tercera estación, *"Del material al elemento constructivo"*, consiste en armar los bloques. Se selecciona un lugar para cortar los bloques, se realizan los mismos con el molde doble de adobitos y se dejan secar. Esta etapa es la de transformación y descubrimiento de la utilidad y posibilidades del material tierra para construir. La cuarta estación, *"Del elemento constructivo a la construcción"*, es donde se utilizan los bloques ya secos para realizar obras constructivas (casitas, refugios, arcos, hornos, y toda construcción que derive de la creatividad que propongan los niños), con las mismas técnicas del buen arte que se utilizan para la construcción en escala real. Esta etapa se vislumbra en este formato de taller, desarrollándose con mayor amplitud en otros formatos.

5.3.2 Taller de cuatro jornadas

La metodología del taller se basa en la reflexión y la práctica. Se diseña un barrio o comunidad donde cada participante desarrolla un rol y construye un espacio de hábitat dentro, y luego se pasa a la práctica constructiva. Está dirigido a niñas y niños de 3 a 12 años, la cantidad de participantes es de aproximadamente 25 personas, con instancias de trabajo grupal e individual. La duración del taller doce horas, divididas en cuatro jornadas de tres horas de duración cada vez.

En la primera clase, se reflexiona sobre las ciudades actuales, los componentes y la vivencia que tienen en ellas. Se diseña colectivamente un barrio o comunidad en donde todos forman parte mediante un hogar o espacio de pertenencia. Se reflexiona sobre la construcción con tierra, sobre la tecnología del adobe y se les muestran las diferentes estaciones antes mencionadas: materia, material, elemento constructivo y técnica constructiva con adobe, donde el contacto inicial en este taller es el constructivo. Se inician las construcciones a modo demostrativo. De esta forma ya quedan planteadas desde el inicio del taller las pautas generales y se disuelve así la ansiedad y se enfocan las

expectativas a través de la construcción. Esta primera clase es de trabajo grupal, consolidando de esta forma al grupo. En la segunda clase se realiza el preparado de los materiales en seco, se crea el barro, se construyen adobitos y se ponen a secar. En esta clase ven todo el proceso desde el inicio y vivencian lo que es trabajar con tierra, se subdividen en pequeños grupos que van rotando por las diferentes "estaciones". La tercera clase es la de construcción, donde se introducen conceptos constructivos iniciales, y crean su hábitat personal dentro de la comunidad. En esta clase se desarrollan posibilidades y lógicas constructivas con abobe, que si bien están en escala, respetan el saber y uso del material de las construcciones mayores. En la cuarta clase se ajustan detalles, se realizan las terminaciones (revoques, pintura, ornamentación), se realiza la maqueta de la comunidad y se cierra con una exposición donde son invitadas las familias, para compartir las experiencias vividas y pensar conjuntamente alternativas de hábitat sustentables con tierra. Las figuras 3 y 4 muestran las actividades durante el taller.

Figura 3: Desarrollo del taller.

Figura 4: Cortado de adobes durante el taller.

5.4. Otras herramientas didácticas en desarrollo

Se encuentran en experimentación dos técnicas a aplicar: Los entramados (quincha), que están en etapa de estudio en cuanto a la variabilidad de tramas y estructuras a realizarse con palitos de madera reciclados de helados industriales. Y la técnica de moldeo directo, que se encuentra en instancia de pruebas de estabilización de las tierras seleccionadas y análisis de fisuración según espesores óptimos para luego introducir en el instructivo.

6. ANALISIS CRÍTICO

Las observaciones y reflexiones producidas en los talleres tienen índices generales y particulares en cada contexto. Los generales se refieren al entusiasmo y curiosidad que presentan los participantes ante la propuesta y el enorme potencial creativo con la técnica y el material constructivo. Por otra parte, se observa que no existen prejuicios ni desconfianza

ante el material en ningún caso. Con el juego desarrollan la capacidad constructiva, creativa y reflexiva con el material, y vislumbran las posibilidades de la continuidad del juego una vez finalizado el taller. La facilidad de recuperar material, reciclarlo o agregar más, con la simpleza que implica conseguirlo, facilita el desarrollo exponencial del juego, como herramienta multiplicadora en otros niños o familias. Al tratarse de materiales sanos y que necesitan espacio de desarrollo, el juego abre la posibilidad de estar más en contacto con la tierra y en entornos saludables al aire libre. El cooperativismo demostrado en los grupos es altamente favorable, cada participante descubre su rol y la importancia del mismo en el grupo, y realiza la actividad con compromiso, seriedad y atención. Es alto el nivel de ansiedad al inicio del juego, por lo tanto, dependiendo de las edades, hay talleres en donde se comienza por la construcción o la creación del barro y luego se desarrollan las etapas previas. En todos los talleres desarrollados quedan ganas de más barro.

Puede verse cierta resistencia inicial al “ensuciarse” o embarrarse en niñas y niños en contexto urbano, pero una vez realizada la acción queda superada la resistencia.

Se observa que se generan enlaces y reconocimiento de la técnica vinculadas al saber popular ancestral, rememoran que familiares o conocidos construyeron con esas técnicas y en algunos casos fueron también participantes.

Se genera una revalorización del material que existe al alcance y la posibilidad de mejoras del hábitat personal en caso de contextos vulnerables (“¡Ah! Mi papá puede construir con esto y mejorar la casa.”). En estos contextos, el taller genera contención, participación e integración a determinados participantes en situación de derechos vulnerados, y con la fuerza del grupo recuperan el amor propio y la conciencia de sus propias capacidades.

Es importante destacar que los tiempos de juego son diferentes a otros entretenimientos ya que en Obra de la Tierra se desarrollan técnicas constructivas reales, lo que conlleva de por sí otra temporalidad. Se pone de manifiesto la diferencia entre el saber hacer, hacer con calidad, y el hacer con velocidad, que responde a tiempos de producción inmediata sin verificación de la calidad del elemento. Rompe con la inmediatez como valor agregado, generada por los medios de producción e intereses económicos, en pos de recuperar los tiempos necesarios para construir con calidad, que se asemejan a los tiempos que requiere la naturaleza para dar frutos.

Se desarrolla la observación, creatividad, salubridad en el contexto de acción, los valores del trabajo colectivo y la importancia de respetar los tiempos necesarios en cada instancia.

7. REFLEXIONES FINALES

De la experiencia relatada, se evidencia que la arquitectura sustentable es una herramienta de cambio que excede los límites de su campo disciplinar, ya que sus prácticas y saberes se pueden articular en perfecta armonía con otras áreas humanas, como en este caso la educación y los juegos infantiles, incluso potenciando sus alcances en pos de un nuevo paradigma.

El enfoque que revaloriza la tierra como material de construcción recupera una tradición de saberes y técnicas desarrolladas históricamente, y con ello también recupera parte de nuestra identidad; tiene comprobada calidad constructiva y aval científico en todos los continentes, que la confirman como un material sólido, durable, con cualidades ambientales inmejorables y abundante; le da utilidad a importantes volúmenes de tierra que terminan como material de desecho o sin destino final cierto, con una alternativa sustentable en la construcción del hábitat. Es el material que menos energía consume en su producción, es 100% reciclable, no genera residuos materiales y no genera problemas en la salud al que lo utiliza, entre otras ventajas. Por otro lado, es apto para resolver técnicamente los problemas de aislación térmica y acústica, reduce el consumo de equipamiento de refrigeración/calefacción en las viviendas, colaborando con la mejora y calidad del hábitat. En contextos vulnerables resignifica a la tierra como material noble, de calidad y utilitario,

descubriendo el material que tienen a su alcance y en abundancia desestigmatizando a la tierra como condicionante de pobreza económica.

Visibilizar estas cualidades fue uno de los primeros fundamentos en los cuales se basó el desarrollo del juguete y los talleres Obra de la Tierra. Sin embargo, una vez puesto en marcha, el proyecto trascendió este objetivo particular de la disciplina y activó quehaceres y reflexiones propios de los otros campos, la educación y el juego infantil, aportando una herramienta inmejorable —como lo es la tierra— para intervenir de forma interdisciplinaria permitiendo, entre otras cosas:

- Educar en hábitos sustentables a través de la construcción con materiales naturales.

- Fortalecer vínculos solidarios a través de la acción práctica grupal.

- Recuperar credibilidad social en la construcción con tierra a través de la educación y el juego, y con ello volver a valorar la identidad constructiva característica en las diferentes regiones del país.

- Incorporar juegos que se vinculen con la naturaleza, saludables, cooperativos y creativos, que implican conocer procesos que salen de lo inmediato y lo descartable.

- Incorporar a través del juego, en niñas y niños, prácticas constructivas con tierra.

- Incentivar acciones colectivas comprendiendo la importancia de los roles que articulan el conjunto.

- Recuperar los valores de la tierra como material de construcción eliminando los prejuicios y comprender las posibilidades del material, sobre todo en contextos vulnerables.

- Desarrollar un espacio de contención y estímulo creativo para niñas y niños, fomentando la equidad de géneros.

- Promover un material de juego económico, renovable y saludable, que permite construcciones duraderas.

- Comprender el mundo que nos rodea, la diversidad cultural, la naturaleza, la capacidad constructiva.

- Estimular el desarrollo intelectual y la motricidad fina en la primera infancia.

- Asumir un rol transformador como educador.

- Brindar un juego que anuncie la superación de una realidad injusta.

Al mirar al niño de igual a igual, y no desde los ojos de un adulto, puede apreciarse con claridad la seriedad que para todo niño todo juego implica y presupone. Para un niño, jugar es sinónimo de hacer. Es, por consiguiente, opuesto a aburrirse. Friedrich Nietzsche, en *Más allá del bien y del mal*, señalaba que la madurez significa haber reencontrado la seriedad que de niño se tenía al jugar (Nietzsche, 1999, p. 96). Otto Lipmann, citando a Fielder Holland, lo corrobora:

> *El niño procede seriamente en todo lo que hace. Las gentes más viejas juegan: juegan con los niños; y los niños no juegan con ellos. Lo que para el adulto es juego, para el niño es trabajo serio, trátase de construcciones en madera o de jugar a los caballos. El niño es por el momento el verdadero constructor de la casa [...] Del concepto de juego no se puede separar el concepto de trabajo...* (Lipmann, 1946, p. 112).

Es por eso, por la seriedad con la que juegan los niños, que se apunta a ellos en el deseo de un cambio de paradigma, porque es necesaria esa seriedad de los niños para conseguirlo, y porque su legado será más duradero.

A través del juego, las técnicas de la arquitectura sustentable se incorporan en el mundo consciente e inconsciente de sus participantes, tanto educadores, niños y familias, recuperando la conexión con el ambiente en el cual se vive, sintiendo la pertenencia y la necesidad de prácticas que estimulen compartir y accionar comunitariamente, en vez de

someter y destruir el entorno natural. Es una transformación posible, cuyo comienzo puede ser la modificación hábitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Freire, P. (2012). *Pedagogía de la indignación.* Buenos Aires: Siglo XXI editores.

INDEC. (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Buenos Aires: INDEC. Disponible en http://www.censo2010.indec.gov.ar

Lipmann, O. (1946). *Psicología para maestro*. Buenos Aires: Losada.

Nietzsche, F. (1999). *Más allá del bien y del mal*. Madrid: Folio.

R21 Lationoamérica Sustentable. (2012). *Junio 5/2012. Día del Juramento Ambiental. R21*. Buenos Aires: R21, Lationoamérica Sustentable. Disponible en http://www.juramentoambiental.com/

CURRÍCULOS

Griselda Mariana Ricciardelli: Arquitecta, docente investigadora. Miembro del Programa ARCONTI, El Programa Arconti-FADU UBA es Cátedra UNESCO "Arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible".Y de la Red PROTIERRA de Argentina.Co-fundadora del centro CIDART y directora del proyecto “Obra de la tierra”. Disertante y docente en congresos, seminarios y talleres nacionales e internacionales sobre Arquitectura y Construcción con tierra.

Noelia Jimena Rivero: Profesora, estudiante avanzada de licenciatura en Letras, Universidad de Buenos Aires. Escritora. Educadora no formal. Desarrolló el “Taller el Unicornio” encuentros literarios dirigidos a niños con derechos vulnerados, (2007/ 2008), para la Secretaría Nacional de Niñez, Adolescencia y Familia. Publicó Querer decir, querer pensar, querer valer resultado de esa experiencia.

ENSEÑANZA EN ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA: EXPERIENCIAS Y REFLEXIÓN CRÍTICA EN TRES UNIVERSIDADES LATINOAMERICANAS DE ARGENTINA, BRASIL Y URUGUAY

Eduardo Salmar[1], Rosario Etchebarne[2], Rodolfo Rotondaro[3]

[1] Curso de Arquitetura e Urbanismo da Facultade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo – FEAU/UNIMEP – Piracicaba – Brasil - E-mail: edsalmar@unimep.br
[2] Departamento de Arquitectura (Salto) - Universidad de la República - Montevideo – Uruguay - E-mail: roetchebarne@gmail.com
[3] Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires/ CONICET - Ciudad de Buenos Aires - E-mail: rodolforotondaro@gmail.com

Palabras claves: didáctica, enseñanza teórico-práctica, educación formal y no formal, arquitecturas de tierra, Culturas Constructivas

Resumen

En este trabajo se presentan resultados didácticos y pedagógicos de las actividades de formación de recursos humanos que llevan adelante tres equipos de trabajo en universidades de Brasil, Uruguay y Argentina, que tienen el foco en la enseñanza de la Arquitectura y la Construcción con Tierra. Se presentan los contextos de formación académica de grado, posgrado y extensión, dentro de los distintos escenarios de educación formal y no formal, en cada país. Se describen las estrategias y los contenidos educativos teóricos y prácticos, y la metodología empleadas en cada universidad. Se presentan también algunos de los elementos y prototipos construidos con fines didácticos, y la respuesta de alumnos y participantes capacitados. Los contenidos esenciales comunes incluyen la enseñanza de diferentes aspectos de las arquitecturas de tierra: la universalidad geográfica y cultural de las Arquitecturas de Tierra; el Patrimonio construido en tierra; la innovación tecnológica; el proyecto en las Arquitecturas de Tierra; el conocimiento del material base, los suelos constructivos, y sus transformaciones; los sistemas y componentes constructivos y sus arquitecturas (adobe, tierra compactada, sistemas mixtos, revoques y terminaciones, entre otras técnicas y elementos constructivos); los modos de gestión participativa y la vivienda de Interés Social; el proyecto en zonas afectadas por sismos y por la enfermedad de Chagas; criterios para el cómputo de materiales y la organización de obra; los prejuicios sobre la construcción con tierra; los avances normativos en distintos países; la construcción con tierra en el marco de la sustentabilidad. Se mencionan y analizan sintéticamente los métodos y modalidades de la enseñanza de la construcción con tierra, que incluyen charlas informativas y de sensibilización, clases expositivas, seminarios teóricos de grado y de posgrado, formación de pasantes, becarios y tesistas, y la capacitación de albañiles, autoconstructores y población local en proyectos de desarrollo, en áreas urbanas y rurales. Se analizan experiencias en cada País y el avance en la validación y certificación de cursos de formación. En las reflexiones finales los autores evalúan las prácticas educativas desarrolladas; sus principales desafíos y propuestas, enfocadas en la legitimación de la enseñanza sistemática de las Arquitecturas de Tierra, y basadas en la metacognición y una curiosidad epistemológica, creando la posibilidad de indicadores didácticos, definidores de excelencia en la ensenãnza en el tema “Arquitecturas de Tierra”.

1. INTRODUCCION

En Brasil, la Universidad Metodista de Piracicaba (Estado de São Paulo) inicia su curso de Arquitectura y Urbanismo en 1994. En 1996, con la participación de cuatro arquitectos-profesores de la casa y profesores invitados de CRATerre (Francia), se inicia la formación en Culturas Constructivas con Tierra en el curso de graduación en Arquitectura. Con la pertenencia a la Cátedra UNESCO en Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible en 1997, se comienza a participar en un programa de construcción de 100 casas populares en régimen de autoconstrucción en el barrio Jardim Oriente en la ciudad de Piracicaba, un trabajo conjunto con la Prefectura Municipal, la UCG (Universidad Católica de Goiania) y MISEREOR. Se inicia también la estructuración del LABSIS -

Laboratorio de sistemas constructivos- de la facultad, creado para dar soporte a la investigación y formación práctica de los alumnos del curso de Arquitectura en las disciplinas de sistemas constructivos con tierra cruda. Se renueva en 2012 el contrato con la Cátedra UNESCO y también el compromiso de reflexionar y compartir las propuestas de enseñar tan importante temática.

En Uruguay, la capacitación en "Diseño y Construcción con Tierra" se inicia en el año 1995 en la Sede de la Universidad (Udelar), en Salto. Se conforma un grupo docente estable financiado por Udelar, de tres arquitectos, coordinado por uno de los autores (Etchebarne). Es responsable de la Cátedra UNESCO mencionada más arriba desde el año 2001, e integra la Red Iberoamericana PROTERRA desde su inicio en 2002. El grupo mantiene vinculaciones con el Estudio de Arquitectura Tierra al Sur, posibilitando prácticas en obras reales de arquitectura. Este grupo ha asesorado a Cooperativas de Vivienda que han utilizado las técnicas de construcción con tierra, y se considera una fortaleza los Convenios realizados con cinco Municipios de Uruguay para el diseño y construcción de viviendas durante el año 2000 al 2006. Durante los años 2009 al 2013 se inicia un vínculo con la Universidad del Trabajo, a partir del cual se dictan cursos de capacitación de 160 horas, validados y con certificado de aprobación. Actualmente las actividades se desarrollan mediante un Acuerdo de Trabajo junto al Ministerio de Vivienda, para el diseño de un protocolo que acepte la tierra como material de construcción de componentes en el campo de la Producción Social del Hábitat.

En Argentina el grupo de trabajo está integrado por cuatro arquitectos, una bióloga, una constructora, dos investigadores externos y alumnos pasantes, y es dirigido por uno de los autores (Rotondaro). Las actividades se realizan dentro del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), en el Instituto de Arte Americano, FADU, Universidad de Buenos Aires. Dicho Programa es sede de la Cátedra UNESCO mencionada. Asociado al ARCONTI trabaja el centro CIDART (Centro de Capacitación, Investigación y Diseño en Arquitecturas de Tierra) en la organización y dictado de charlas, talleres y cursos. El grupo mantiene vinculaciones activas con las redes PROTIERRA de Argentina y PROTERRA de alcance internacional. Uno de los principales objetivos del Programa ARCONTI es la enseñanza de las Arquitecturas de Tierra en ámbitos de la educación formal y no formal del país, en ámbitos académicos en niveles de grado, posgrado y extensión; y hacia el resto de la Sociedad en población de distintas edades y ocupaciones, incluyendo niñas y niños, adultos, autoconstructores, educadores, técnicos, profesionales, funcionarios, líderes y políticos.

2. ESTRATEGIAS, METODOS, CONTENIDOS

2.1- Principales estrategias y métodos

> *Ninguém começa a ser educador numa certa terça-feira às quatro da tarde. Ninguém nasce educador ou marcado para ser educador. A gente se faz educador, a gente se forma, como educador, permanentemente, na prática e na reflexão sobre a prática.* (Nogueira, 2012, p.211)

Y de esa forma, como una curiosidad epistemológica, se pretende fundamentar la propuesta e enseñanza presentada en el Proyecto Pedagógico del curso de Arquitectura de Unimep, Brasil, un curso con una consistente formación en tecnologías con énfasis en arquitecturas de tierra y en el desarrollo sostenible. En los ámbitos de educación formal de nivel universitario se incluyen las modalidades de cursos teóricos y teórico-prácticos en el área de tecnologías de construcción, dirigidos a alumnos de primero al quinto semestre de la carrera Arquitectura (Salmar; Neves, 2009). Se enseña que producir conocimiento es sinónimo de investigar, de "poner las manos en la masa"… para saber-hacer, porque el interés está puesto no solamente en ejercitar la enseñanza, sino y principalmente, practicar la acción de investigar el contenido enseñado, y de esa manera hacer una retro-alimentación del saber.

Figura 1: Alumnos del quinto semestre construyendo una pared curva en tapia. Campus Santa Bárbara D' Oeste-FEAU-Maio/2012.

El alumno que aprende a construir su proyecto-diseño, conviviendo con los procesos constructivos, construye también su propio conocimiento, su autonomía.

En Uruguay, se realizaron encuentros de sensibilización en los años 90. En la década del 2000 se potenciaron los Acuerdos de trabajo con los municipios, madurando la participación de vecinos y estudiantes en formatos de extensión universitaria a través de cursos de 20 a 30 horas. Siempre las prácticas se basaron en obras reales. En este trienio 2010/2013 se instalan los cursos con la Universidad del Trabajo, con un formato de capacitación de 130 horas y evaluación con calificación y entrega de certificado.

En Argentina, se realizaron experiencias educativas en ámbitos de educación formal y de capacitación no formal. En los ámbitos de educación formal se incluyen las modalidades de cursos teóricos y teórico-prácticos dirigidos a graduados y alumnos de los últimos años de nivel universitario de la carrera Arquitectura; clases y cursos teóricos y teórico-prácticos de actualización profesional; y seminarios para profesionales de organismos públicos; formación de becarios de investigación del CONICET (nivel de doctorado), de alumnos de maestría y de pasantes universitarios de los últimos años de las carreras Arquitectura, Diseño Industrial y Diseño Gráfico.

En los ámbitos de la educación no formal se recurrió a una estrategía preinstruccional, que el grupo llama *de* sensibilización pero que se conoce con el nombre de "estrategia de manejo de recursos" (González; Tourón, 1992). De acuerdo con esta estrategia, en la educación no formal se utilizan diferentes recursos:

a) sensibilizar al estudiante con lo que va a aprender, que integra tres ámbitos: la motivación, las actitudes y el afecto, y apunta también a lograr la revaloración del material característico, la tierra cruda; se intenta colocar los intereses generales e individuales en un contexto motivacional-afectivo que favorezca el aprendizaje;

b) realizar talleres intensivos, en los cuales se desarrollan prácticas constructivas de manera lúdica mediante el contacto físico con el material y varias técnicas; y

c) informar mediante clases informativas y de debate general con proyección de imágenes sobre ejemplos construidos.

A través de todas estas modalidades de enseñanza se intenta sensibilizar, informar, capacitar y formar distintos actores sociales, pertenecientes a diferentes ámbitos de pertenencia en la sociedad, en distintos niveles y con metodologías acordes a cada ámbito.

2.2- Diseño y ajustes de contenidos educativos.

En Brasil, la profundidad de contenidos y principalmente los objetivos con la enseñanza son muy semejantes a los desarrollados en Argentina, y se refieren a aspectos tales como: las características del grupo de alumnos; si es propio de la educación no formal; el tiempo disponible para la formación; el nivel de formación propuesto. De todos modos, se trate de educación formal o de educación no formal, se procura alinear los objetivos según los siguientes ejes didácticos:

a) La historia y las teorías de las técnicas constructivas en los diferentes continentes y contextos. Los centros de excelencia en la enseñanza de las Arquitecturas de Tierra;

b) La sostenibilidad en las construcciones y el reciclaje de los materiales;

c) La arquitectura social, la racionalización de las construcciones, el diseño para la obra en construcciones de tierra;

d) Tecnología y Arquitectura: la materia prima tierra, los sistemas estructurales, los ensayos, las normas, el laboratorio;

e) La práctica: la manipulación y extracción, la identificación, las normalizaciones, las metodologías de los procesos constructivos en tierra;

f) La obra: construcción de prototipo en escala real, el saber-hacer, los costos, la viabilidad contemporánea;

g) Las consideraciones finales, el proceso de retro-alimentación de los saberes, los análisis críticos de los procesos.

En Uruguay, los principales contenidos del actual programa de curso de 160 horas son los siguientes:

a) La arquitectura de tierra en el país, la región y el mundo;

b) La tierra como material de construcción, las estrategias de estabilización: mecánica, física y química;

c) Los grupos constructivos: mampuesto, muro monolítico, paneles;

d) Casos ejemplares en el País, la región y el mundo; aportes desde las diferentes culturas constructivas y el desarrollo sostenible;

e) El aporte de la Cátedra Unesco y la Red Iberoamericana PROTERRA;

f) Estudio de bibliografía;

g) Elección de algunas técnicas para el montaje del prototipo real: adobe, BTC, BTA (bloque de tierra alivianada), panel de fajina, panel de tierra alivianada, tierra apilada, techos verdes, estufa eficiente, revoques interiores y exteriores, uso y manejo de herramientas, conocimiento de la madera, seguridad en obra y lectura de planos.

En Argentina, los contenidos temáticos y la profundidad de conocimiento se ajustan en cada experiencia educativa según las características de los participantes, los objetivos específicos de la capacitación, el tiempo disponible y las prácticas. Hay sin embargo, siempre, cuatro aspectos teóricos que se mantienen y que pueden considerarse contenidos transversales:

a) Vigencia y alcances de la Arquitectura y la Construcción con Tierra;

b) Importancia de conocer e identificar las tierras con fines constructivos (por qué, para qué y cómo conocer los suelos a emplear);

c) Las propiedades resistentes y la durabilidad (resistencias físico-mecánicas, aspectos higrotérmicos y químicos, patología, mantenimiento); y

d) Las construcciones de tierra en zonas con riesgo sísmico y la problemática de la enfermedad de Chagas (contexto cultural, hábitat social, refuerzos, gestión).

De acuerdo con el ámbito donde se realizan las tareas y la proyección de cada experiencia educativa, los contenidos teóricos y las prácticas se ajustan en extensión, profundidad y complejidad. Del mismo modo, se diseña el lenguaje a emplear en las distintas prácticas educativas, con el fin de mejorar la comprensión de contenidos según cada contexto específico.

3. EXPERIENCIAS EDUCATIVAS DESARROLLADAS

A continuación se resumen algunas de las experiencias que realizan cada grupo en su país y la región.

En Brasil, por ejemplo, las prácticas educativas realizadas en los últimos años fueron las siguientes:

- Curso taller teórico-práctico titulado “Técnicas constructivas sustentables” destinado a los alumnos de la graduación en Arquitectura de primero al quinto semestre, de 70 horas de duración, durante un semestre. Se trata de un curso formal con clases expositivas y prácticas en laboratorio y obra.

- Asesorías individuales a los alumnos de nono y décimo semestre para producción de una tesis de graduación en Arquitectura, con la temática: “arquitectura de tierra y desarrollo sustentable”. Son en promedio 30 horas/semestre por alumno.

- Con contenidos para educación no formal, los proyectos de extensión destinados para las comunidades de la región, realizan el entrenamiento y capacitación para la producción de BTC. En proyecto actual (2012-2013) está destinado para una comunidad de 213 trabajadores rurales de la ciudad de Sumaré y se titula: “Proceso educativo de formación de assentados da reforma agrária para la producción de ladrillos de suelo-cemento”. Son en promedio 8 horas/semana en campo y 4 horas/semana en el laboratorio de la universidad. En estos trabajos concluye la participación del grupo en la comunidad, con el diseño e impresión de un manual técnico entregado a la población.

- Cursos teórico-prácticos de 8 horas de duración, ofrecidos semestralmente a la población de la región para la transferencia y difusión de tres técnicas; tapia, BTC y adobe.

- Cursos teórico-prácticos con el carácter de “disciplina optativa” de 30 horas de duración cada uno, ofrecidos a los alumnos a partir del 7mo semestre de la graduación. Desde 2011 se ofrecen los siguientes: revestimientos y texturas en paredes de tierra; pared estructural de tapia I; pared estructural de tapia II; patologías de los edificios históricos construidos con tierra.

En Uruguay, las principales prácticas actuales están vinculadas con los acuerdos formales con cinco Municipios del país, a través de los cuales se construyeron distintas obras de tierra (Figura 2).

Figura 2: Obras escuela: Adobe en Salto, BTC en Artigas, Fajina en Montevideo.

El primer curso opcional a dictarse durante el año 2013, junto a integrantes de la Red PROTERRA de Uruguay, se realizará en las siguientes ciudades: Salto, Toledo, Piriápolis y Carrasco (Figura 3). Además, se concretaron acuerdos de trabajo en las ciudades de Salto, Artigas, Rivera, Paysandú y Montevideo.

Figura 3: Formación de constructores y profesionales en la construcción de un techo verde. Curso de 160 horas, Carrasco, Montevideo, octubre a diciembre 2012.

En Argentina, se realizan prácticas educativas en distintas regiones del país (Rotondaro; Mascitti, 2011), algunas de las cuales se sintetizan a continuación:

- Formación de grado y posgrado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Se realizan en tres niveles:

a) Formación teórico-práctica de grado "Pasantía de Investigación" (desde 2005). Están destinadas a los alumnos avanzados de las carreras de Arquitectura, Diseño Industrial y Diseño Gráfico, a partir de un tema específico, bajo la guía de un tutor. Se realizan tareas de recopilación bibliográfica, sistematización y análisis de datos, elaboración de resultados, identificación de suelos y trabajo de campo (Figura 4). El alumno debe aprobar trabajo equivalente a una materia electiva de 60 horas cátedra;

b) Formación de posgrado del Centro de Actualización Profesional FADU-UBA. Son cursos teóricos titulados "Tecnología de construcción con Tierra. Materiales, sistemas constructivos y arquitectura contemporánea". Se iniciaron en 2010, tienen 16 horas de duración repartidos en cinco días seguidos o en cinco semanas, un día por semana. Organiza la Secretaría de Posgrado de la facultad y está dirigido a profesionales de la construcción e interesados en general. Se utilizan clases expositivas y se promueven los debates, con énfasis en aspectos tecnológicos, alcances, las tecnologías sociales y los modelos de gestión en torno a esta temática.

c) Formación de becarios en investigación científica. Se realiza la formación de becarios del CONICET, con becas de tres a cinco años de duración, de tiempo completo y con tesis doctoral. Se definen en torno a temas acotados y se exige el nivel doctoral, con la dirección de un investigador científico.

-Prácticas de educación no formal.

a) Capacitación de autoconstructores rurales en zonas con problemas de sequía. Tuvo lugar durante el desarrollo del proyecto "Parayacu, Sistema de recolección y almacenaje de agua de lluvia", en la comunidad de San Jorge, área de monte, durante 2009. Se realizaron capacitaciones específicas durante 8 meses que incluyeron talleres para seleccionar tierras, pruebas, fabricación de adobes y placas de quincha, revoques con suelos estabilizados, y la construcción de un reservorio de adobe para 8 mil litros de agua. Participaron familias locales, el grupo Huarmis Yamcadoras; la Fundación Pilotos Solidarios; el CONICET; la Embajada de Holanda y la empresa Chevalier.

b) Capacitación para el mejoramiento de la vivienda en zonas urbanas pobres. Barrios Bancalari (Buenos Aires) y Monte Terrabusi (Mar del Plata). Se destinan a familias pobres, para el aprendizaje de la fabricación y utilización de materiales y elementos con suelos estabilizados (adobe, BTC, revoques de suelo-cemento y suelo-cal, baldosas, contrapisos,

muros, placas de tierra aligerada, estufas). Se trabaja desde 2005 y participaron alrededor de 50 personas incluyendo albañiles, técnicos de centros comunales, jóvenes, alumnos y profesionales. Forman parte de proyectos multisectoriales que incluyen a centros vecinales, municipios, ONGs, CONICET, universidades y empresas.

c) Talleres teórico-prácticos en técnicas constructivas para profesionales e interesados en general. Se realizó en 2012 en Colonia Barón, provincia de La Pampa, con apoyo del municipio local y del centro CIDART (Capacitación, Investigación y Diseño en Arquitectura de Tierra). Se utilizó como estrategia el "hacer", mediante trabajo de campo durante tres días seguidos, con prácticas de adobe, quincha modulada, BTC, revoques y ensayos sensoriales. Participaron más de 60 personas de distintos lugares del país, jóvenes y adultos, técnicos, educadores, estudiantes y profesionales.

Figura 4: Construcción de estufa de adobe con alumnos de Arquitectura en centro vecinal Bancalari, Buenos Aires (2011). Capacitación de alumnos, profesionales y albañiles en zonas urbanas pobres de Mar del Plata (2012).

4. REFLEXIONES Y PROPUESTAS

A partir de los resultados obtenidos en la enseñanza de las Arquitecturas de Tierra y en la evaluación de las prácticas educativas que los grupos de trabajo vienen realizando en cada país, se pudieron elaborar las siguientes reflexiones.

En Brasil existen varios movimientos sociales que solicitan profesionales arquitectos y empresas constructoras buscando un nuevo paradigma en el campo de la construcción; es real que las escuelas realizando una formación y capacitación de personas aún son muy escasas, y es sabido que para formar un profesional arquitecto que posea estas preocupaciones, es necesario estar alojado dentro de un espacio que contenga y que practique esas ideas dentro de un Proyecto Pedagógico. El curso de arquitectura y urbanismo de la Universidad Metodista de Piracicaba, desde su creación, viene proponiendo una reflexión teórico-práctica sobre el elemento "tierra" (Fontaine; Anger, 1992; Stulz; Mukerji, 1981). La tierra en tanto sustancia matriz y soporte de la existencia humana y de su relación con la Arquitectura. Relación comprendida en tanto acción integradora del hombre con la naturaleza. Por lo tanto, desde el Brasil, el propósito aquí, en esta discusión, es reforzar la necesidad de continuar madurando los formatos de capacitación en nivel universitario, siendo conscientes de que no hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza, ya que, esos saberes se encuentran uno en el cuerpo del otro.

El grupo de Uruguay, en la evaluación de las prácticas educativas desarrolladas, valora la sinergia de capacitar desde la práctica, donde la teoría permite "conceptualizar" lo realizado. La evidencia del aumento en los últimos cuatro años de la demanda por casas de tierra, y la autoconstrucción de la bioconstrucción, permite constatar la necesidad de continuar y madurar los formatos de capacitación.

El grupo de Argentina, al evaluar los resultados de las prácticas educativas, destaca que se descubrieron las ventajas de los intercambios entre el aula-taller y las clases formales, de tal modo de generar la reflexión crítica fundada sobre el "hacer"; así como también incorporar la

discusión y la reflexión durante el desarrollo de las prácticas constructivas, mediante clases expositivas con reflexiones conceptuales. Esta convivencia contribuye a una mejor comprensión de los temas que se tratan. Según Perkins (1997) "La metodología del aula-taller comporta un replanteo total en la dinámica de aprendizaje. Si el aula es un taller, el alumno cambia de rol (respecto del aula tradicional), y se transforma en sujeto activo de su propio aprendizaje. Del mismo modo, el docente, de único depositario de la verdad, pasa a ser un sujeto más (aventajado si se quiere) en el proceso de aprendizaje. Su tarea será, sobre todo, la de acompañar, coordinar y desencadenar (cuando esto no suceda espontáneamente) procesos cognitivos, utilizando para ello el diálogo y el debate". En las modalidades de formación que tienen que ver con las pasantías de grado y las becas de investigación científica, es útil mantener la estrategia denominada "andamiaje", mediante la cual el aprendiz no recibe clases directamente del tutor, sino apoyo, cuando es necesario, para la construcción de nuevos aprendizajes.

En particular en Uruguay, en el marco de la Cátedra UNESCO mencionada, se priorizan tres escenarios de actuación:

a) Inicio durante el 2013 de una materia opcional en la Carrera de Grado de Arquitectura;

b) Acuerdo de trabajo con Ministerio de Vivienda a los efectos de elaborar protocolos hacia la aprobación de propuestas de diseño y construcción con tierra;

c) Propuesta de cursos cortos de 30 horas junto con el Estudio de Arquitectura Tierraalsur.

En particular en Argentina, el grupo está enfocado en realizar y mejorar los siguientes aspectos:

a) Articulación de las actividades educativas y de extensión de dos cátedras UNESCO insertas en universidades de Argentina, en Tucumán y Buenos Aires;

b) Dictado de charlas y clases de sensibilización en organismos públicos vinculados con Hábitat, Desarrollo Social y Vivienda en la Provincia de Buenos Aires;

c) Publicación de material educativo sobre tecnología y proyecto en las Arquitecturas de Tierra, en base al panorama nacional y regional.

En conjunto, los tres equipos de trabajo de Brasil, Uruguay y Argentina, están empeñados durante 2013 en la unión de las tres Cátedras UNESCO "Arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible", con vistas a una propuesta de posgrado de carácter regional y de nivel Maestría, en las temáticas pertinentes a este campo de la Arquitectura, la Tecnología y el Ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fontaine, L.; Anger, R. (2009). *Bâtir en terre: du grain de sable à l' architecture*. Éditions Belin/Cité des sciences et l' industrie. Francia.

González, M. C.; Tourón, J. (1992). *Autoconcepto y rendimiento escolar. Implicaciones en la motivación y en el aprendizaje autorreguiado*. EUNSA. Pamplona, España.

Nogueira, A. (2012). *Ambiência: Diálogos freirianos e formação docente*. Brasília. Liber Livro Editora Ltda. Brasil

Perkins, D. (1997). La escuela inteligente. Editorial Gedisa. Barcelona.

Rotondaro, R.; Mascitti, V. (2011). Capacitación teórico-práctica durante 20 años en Argentina. Experiencias educativas en la enseñanza de las arquitecturas de tierra. En: *CD IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil*. Universidade Federal do Ceará. Rede TerraBrasil. Rede Proterra. Fortaleza, Ceará. 7 al 10 de agosto de 2012. Brasil.

Salmar, E.; Neves, C. (2009). Taller de transferencia de tecnologías de construcción de tierra: comunidades autogestionarias que construyen su barrio. Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Asunción. Paraguay. Junio de 2004. En: *Arquitectura +*

Patrimonio en Tierra del Paraguay. Serie Cuadernos de Arquitectura/3. Diciembre. 2009. Paraguay.

Stulz, R.; Mukerji, K. (1981). *Materiales de construcción apropiados: Catálogo de soluciones potenciales*. SKAT. Suiza.

Curriculos

Eduardo Salmar. Máster Arquitecto, Profesor Faculdad de Ingeniaria Arquitectura y Urbanismo, Universidad Metodista de Piracicaba, Brasil. Realiza tareas de docencia, investigación, desarrollo tecnológico, proyectos, obras y asesorías en Arquitecturas de Tierra.

Rosario Etchebarne. Arquitecta, Profesora en la Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Realiza tareas de docencia, investigación, desarrollo tecnológico, proyecto, obras y asesorías en Arquitecturas de Tierra.

Rodolfo Rotondaro. Máster Arquitecto, Profesor en FADU-Universidad de Buenos Aires-Investigador de CONICET. Realiza tareas de investigación, desarrollo tecnológico, proyectos, enseñanza y asesorías en Arquitecturas de Tierra en áreas rurales y urbanas en Argentina.

LA DIFUSIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN INTERNET: LAS REDES ARQUI-TERRA

José María Sastre Martín[1], Raquel Martínez Fernández[2], Lorena Castañeda[3], Maria Rosa Juárez[4], Laurent Coquemont[5], Rafael López[6], Rubén Lagunas Tello[7]

Grupo Arqui-terra Redes
[1]adobero@gmail.com; [2]raqmartinez@gmail.com; [3]lorenacastaneda@gmail.com; [4]yetzirah108@hotmail.com; [5]lcoquemont@yahoo.fr; [6]rafa70a@hotmail.com; [7]lateru82@hotmail.com

Palabras clave: arquitectura con tierra, cultura constructiva, difusión, Internet, redes sociales.

Resumen

Internet se inició para propiciar comunicaciones militares y estatales y después amplió su ámbito a las comunicaciones científicas y educativas. Permite la comunicación entre personas ofreciendo la posibilidad de intercambiar y compartir ideas, experiencias, conocimientos. Uno de esos primeros instrumentos de comunicación de Internet que aparecieron a fines de los 90 fueron las Listas o grupos de correo electrónico. Las personas inscritas en la lista, que pueden ser de varios continentes, anuncian actividades, dan información y piden y dan ayuda técnica, a través de un correo electrónico que es recibido por el resto de los inscritos.

Con el propósito de difudir la construcción con tierra en Internet surgió en octubre de 2000 la lista de correo “arqui-terra”. En el momento actual, finales de junio de 2013, arqui-terra cuenta con 1402 miembros y con 5685 mensajes intercambiados.

Una red social es un conjunto de lazos entre diversos actores, todos del mismo o similar tipo. Las redes sociales en Internet son un fenómeno en crecimiento que abarca campos como el académico, el empresarial o el cultural. Las primeras redes sociales que se crearon en Internet datan de los años 2001 a 2003, y surgieron como páginas Web con el fin de propiciar la comunicación entre usuarios. Las Listas de Correo fueron su precedente.

Existen Redes sociales en Internet de tipo generalista, como Facebook, My Space y Twitter, y otras especializadas para compartir vídeos (como Youtube, Vimeo), imágenes (Flickr, Picasa), artículos y textos (como Academia.edu, Scribd, ISUU y Calameo).

Si las más importantes organizaciones ecologistas, organizaciones no gubernamentales, empresas, entidades financieras, cadenas de periódicos y emisoras de radio, administraciones, etc. consideraron necesaria su presencia en las redes sociales, la construcción con tierra y arqui-terra tenían también que estar presentes en ellas.

A tal efecto, en junio de 2010 fue creado el grupo “Arqui-terra Facebook” en la más extendida red social del momento que es Facebook. A pesar de ser la construcción con tierra un tema tan específico, Arqui-terra Facebook ha ido extendiéndose como mancha de aceite hasta contar a finales de junio de 2013 con más de 1500 miembros.

A partir de la experiencia, se fueron creando extensiones de arqui-terra para ir formando almacenes o archivos de documentos, fotos, videos de construcciones con tierra, (BiblioTerra, FotoTerra o VideoTerra) en Scribd, Flickr y Vimeo, así como en otros medios en Internet, los Blogs.

Puesto que para lograr la satisfacción de la necesidad humana de encontrar un alojamiento digno y saludable con una técnica milenaria que es la construcción con tierra, son convenientes y necesarias las redes sociales, han ido surgiendo en ellas otros portavoces de la tierra equivalentes a las arqui-terras. En las arqui-terras se incluyen tablas de datos de agentes y recursos existentes, analizándose los contenidos y temáticas ofertadas, las demandas y preguntas de los destinatarios, y sus intereses.

1. LAS LISTAS O GRUPOS DE CORREO

Internet se inició para propiciar comunicaciones militares y estatales y después amplió su ámbito a las comunicaciones científicas y educativas. Internet permite la comunicación entre personas ofreciéndoles la posibilidad de intercambiar y compartir ideas, experiencias,

conocimientos. Uno de esos primeros instrumentos de comunicación de Internet que aparecieron a fines de los 90 fueron las listas o grupos de correo electrónico.

¿Qué es una lista de correo?

- Es un instrumento de comunicación a través de Internet. Personas de diferentes lugares del mundo están en contacto en torno a un tema de interés común que les une.
- Difunden información, piden y dan ayuda. Anuncian actividades y eventos en todos los lugares.

¿Cómo funciona?

- Diversos servidores y empresas de Internet (Yahoo, Google, eListas, etc.) alojan listas o grupos.
- Alguien crea la lista: el administrador. Los demás miembros se apuntan o inscriben a la lista o grupo.

Diferentes tipos de listas o grupos

- Boletines o revistas: el administrador envía la información. Los demás solamente la reciben.
- Álbum de fotos: parientes de diferentes partes del mundo intercambian fotos.
- Listas normales: todos pueden opinar, preguntar y contestar.
- Listas públicas y privadas: Hay listas abiertas a todo el mundo (cualquiera puede apuntarse), o cerradas, exclusivas para un grupo o colectivo determinado.

¿Cuál es el funcionamiento normal de una lista de correo?

-Una de las personas inscritas envía un mensaje al correo electrónico de la lista o grupo.

-Ese mensaje es recibido por el resto de las personas inscritas en cualquier lugar del mundo donde estén, sin pagar sellos, sin que se pierda la carta, sin que tarde en llegar varios meses.

2. LA LISTA DE CORREO ARQUI-TERRA

Tomando como modelo listas de correo sobre informática e Internet y tras detectar que, después de celebrarse diferentes congresos y seminarios sobre construcción con tierra que utilizaban Internet para darles a conocer, no permanecía en ese medio ningún instrumento para transmitir información sobre los mismos intercambiar opiniones y resolver dudas, fue creada la lista de correo “arqui-terra”, alojada en eListas, el día 2 de octubre de 2000. En el momento actual, 30 de junio de 2013, arqui-terra cuenta con 1402 miembros de múltiples países del mundo, con 5685 mensajes intercambiados. Puede inscribirse cualquier persona sin que sea exigido ningún requisito.

¿Cuál es el funcionamiento normal de la lista arqui-terra?

A través de los mensajes enviados por los inscritos a la lista a la dirección de correo de la lista, arqui-terra@elistas.net, se difunden todo tipo de eventos y actividades relacionadas con la construcción con tierra (que luego son recirculados por otros boletines o páginas Web), así como informaciones sobre técnicas, materiales, maquinaria, herramientas y soluciones y se plantean y resuelven cuestiones o dudas. Constituye además una plataforma para el conocimiento de los profesionales que trabajan en cada país, y para la difusión del saber entre expertos y neófitos, entre el investigador avanzado (bastantes de ellos forman parte del colectivo de arqui-terros) y el estudiante que pide información para desarrollar su tesis o el auto constructor que quiere iniciar su vivienda.

Mensaje tipo de la Lista arqui-terra

To: "Arqui-terra" <arqui-terra@eListas.net>

Sent: Monday, April 30, 2007 2:23 AM

Subject: [arqui-terra] 1ª Circular Congreso Construcción con tierra en Cuenca de Campos]]

- IV Congreso Internacional de Arquitectura en Tierra. Tradición e Innovación

27, 28 y 29 de julio de 2007. Cuenca de Campos, Valladolid, España.

Ver la primera circular del congreso en el fichero adjunto.

Os esperamos este verano en ese precioso lugar de la Tierra de Campos.

Además del gran caudal de información sobre personas, centros de investigación, maquinarias, materiales, técnicas, etc., vinculadas a la construcción con tierra, transmitido a través de los mensajes, las listas o grupos de correo tienen asociados una página Web, en este caso www.elistas.net/lista/arqui-terra/ (figura 1), desde la que se puede acceder a todos los mensajes y con capacidad de almacenar fotos, artículos, bibliografía, direcciones, enlaces, tesis, plantear encuestas y difundir eventos.

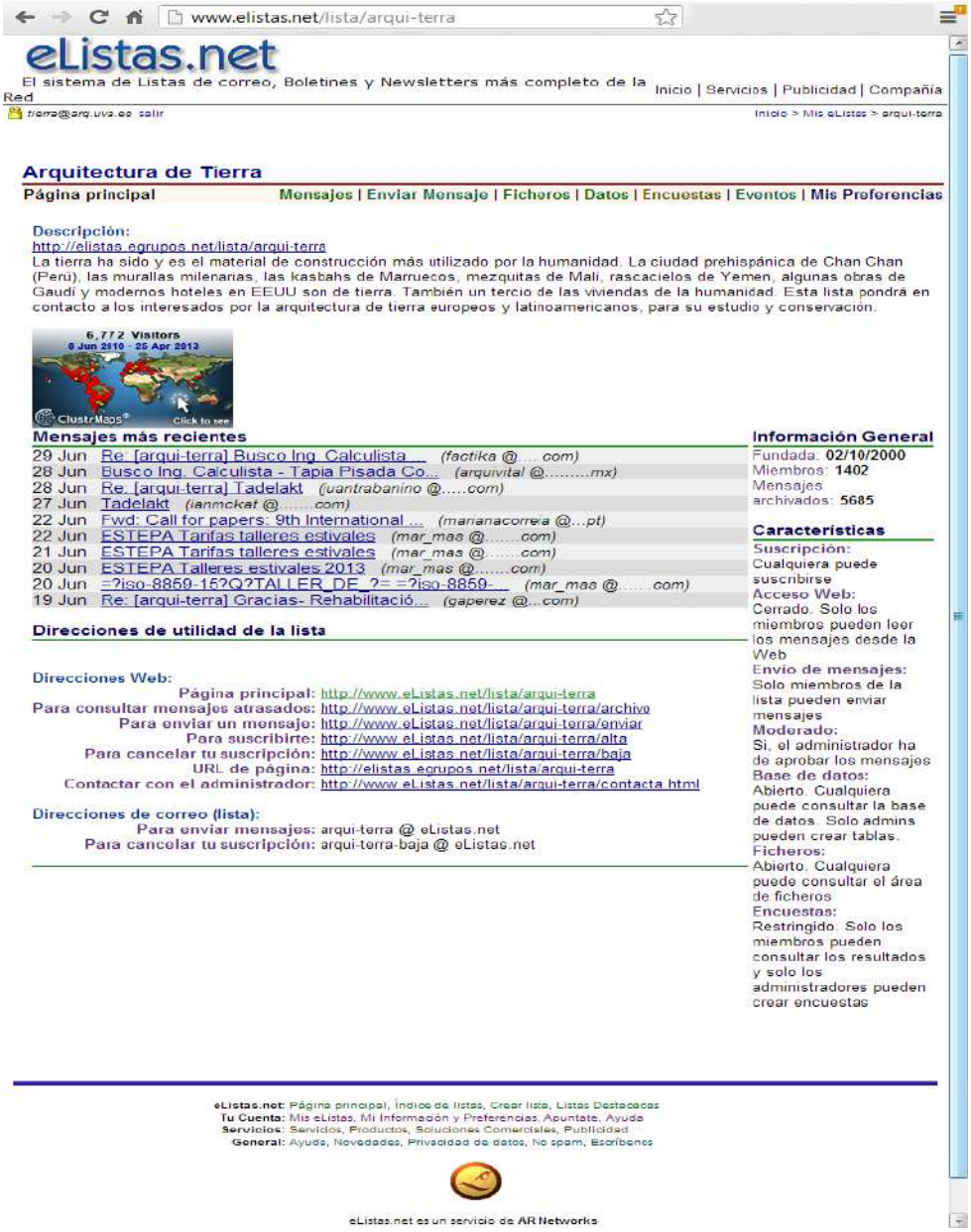


Figura 1. Vista de la página Web de arqui-terra, http://www.elistas.net/lista/arqui-terra/

Desde el mapamundi de la Web pueden observarse los países del mundo desde los cuales se ha visionado la lista arqui-terra, que figura en primer lugar en los buscadores (figura 2).

Figura 2. Visitas a arqui-terra (entre 8-6-10 y 30-6-13: 7008 visitas) de más de 72 países.

Importancia de la lista de correo "arqui-terra" como difusora de la construcción con tierra

A pesar de su veteranía por ser creada en el año 2000, en los inicios del crecimiento masivo de Internet, y aunque otros foros surgidos en esos momentos han desaparecido o se han adormecido, "arqui-terra" se mantiene en vigor como vehículo relevante de difusión de todo tipo de eventos y actividades relacionadas con la construcción con tierra, de transmisión de las técnicas, materiales y maquinaria, y de comunicación entre los distintos agentes, personas e instituciones en las dos orillas del Atlántico. En cualquier congreso o evento actual sobre construcción con tierra, siempre hay varios arqui-terros entre los ponentes y los asistentes, que en muchos casos se han enterado del mismo a través de su difusión en la lista.

A través de la Web de arqui-terra, pueden consultarse todos los mensajes publicados desde el origen de la lista, y hacerse búsquedas por los temas tratados. Para poder acceder más fácilmente al gran caudal de información de colectivos, personas, actividades, técnicas, maquinarias etc. que se encuentra acumulada en sus casi 5700 mensajes, se está

elaborando una base de datos con todos ellos que permitirá su clasificación por temas o categorías y la búsqueda temática (figura 3).

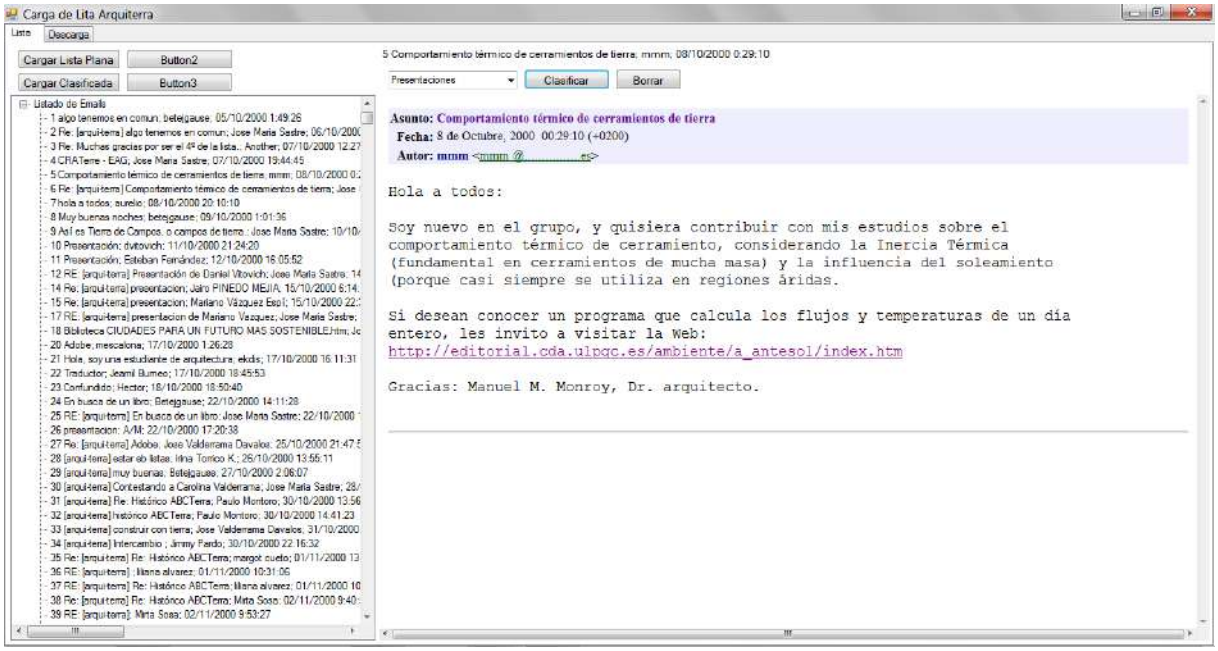


Figura nº 3.- Base de datos en elaboración con los primeros mensajes de arqui-terra publicados

También en la Web de la lista se dispone de un espacio limitado para alojar documentos, informes, normativas (ejemplo: la norma sismorresistente de Perú), fotografías y planos de maquinaria (la prensa Cinva Ram), y unas bases de datos de Bibliografía y recursos sobre construcción con tierra disponibles en Internet (figura 4).

B	E	Tema.	Título.	Autor.	Editor.	País.	Año.	Idioma.	I.S.B.N.	Introduce los datos:	Fecha:
		Construcción con tierra.	Bases para el diseño y construcción con tapial.	Gonzalo bauluz del Río. Pilar Bárcena Barrios.	Ministerio de Obras Públicas y Transportes.	España	1992	Español			
		Construcción con tierra.	Manual de Edificacion con Tierra Armada. Diseño, cálculo y construcción con el sistema CET.	Jorge Luis de Olarte. Evelin Guzman.	Comunidad de Madrid.- Dirección General de Arquitectura.	España.	1993.	Español			
		Construcción con tierra	Palomares de barro de Tierra de Campos	Francisco Roldán Morales	Caja de Ahorros de Valladolid	España	1983	Español			
		Construcción con tierra	Los Palomares en la provincia de León.	Santiago Diez Anta	Ediciones Leonesas	España	1993	Español			
		Construcción con tierra	Arquitecturas de adobe	Patrick Bardou, Varoujan Arzoumanian	Gustavo Gili	España	1979	Español			
		Construcción con tierra	Le Maraviglie dell' architettura in terra cruda.	Eugenio Galdieri	Laterza, Roma	Italia	1982	Italiano			
		Construcción con tierra	Les architectures de terre ou l'avenir d'une tradition milenaire.	Jean dettier	Centre Georges Pompidou.	Francia	1982	francés			
		Construcción con tierra	1º Encuentro de trabajo sobre la tierra como material de construccion Navapalos.	Inter-acción (Navapalos).		España	1985	Español			
		Construcción con tierra	2º Encuentro de Trabajo sobre la tierra como material de construcción.	Inter-acción (Navapalos).		España	1986	Español			
		Construcción con tierra	3º Encuentro de Trabajo sobre la tierra como material de construcción.	Inter-acción (Navapalos).		España	1987	Español			
		Investigación Ingeniería	Seismic Stabilization of Historic	TOLLES, E. Leroy - KIMBRO, Edna	The Getty Conservation	LOS					

Figura 4. Base de datos de bibliografía de arqui-terra
http://elistas.egrupos.net/lista/arqui-terra/datos/3

3. LAS REDES SOCIALES EN INTERNET Y LA DIFUSIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN LAS MISMAS

Una red social es un conjunto de lazos entre diversos actores, todos del mismo o similar tipo. Las redes sociales en Internet son un fenómeno en crecimiento que abarca campos como el académico, el empresarial o el cultural.

Las primeras redes sociales que se crearon en Internet datan de los años 2001 a 2003, Surgieron como páginas Web, fundamentalmente en los Estados Unidos, con el fin de propiciar la comunicación entre usuarios a través de esas páginas Web. Digamos que las Listas de Correo eran el precedente, utilizando el correo electrónico, de las actuales Redes Sociales en Internet que usan las nuevas potencialidades denominadas Web 2000.

Tipologías de Redes Sociales

Existen Redes sociales en Internet de tipo generalista, como Facebook, My Space y Twitter, y otras para compartir vídeos (como Youtube, Vimeo), imágenes (Flickr, Picasa), artículos y textos (como Academia.edu, Scribd, ISUU y Calameo).

La construcción con tierra y arqui-terra en las redes sociales

Si hasta las más importantes organizaciones ecologistas, organizaciones no gubernamentales, empresas, entidades financieras, cadenas de periódicos y emisoras de radio, administraciones, etc. han considerado necesaria su presencia en las Web de las redes sociales como instrumento de comunicación con sus socios, clientes, y usuarios y como medio de difundir en las mismas una imagen de marca, consideramos que la construcción con tierra y arqui-terra tenían que también estar presente en ellas.

A tal efecto, en junio de 2010 fue creado el grupo “Arqui-terra Facebook” en la más extendida red social, http://www.facebook.com/groups/arqui.terra/, o buscar arqui-terra en Facebook (figura 5).

Figura 5. Información del Grupo Arqui-terra Facebook y publicación en su muro

El fenómeno de expansión y crecimiento de las redes sociales en Internet se ha producido extendiéndose como mancha de aceite, con relación a los primeros instrumentos de Internet que representaban las listas de correo. Antes de crear Arqui-terra Facebook teníamos dudas sobre la conveniencia y oportunidad de introducir la construcción con tierra en ese nuevo mundo de las redes sociales, que parecía más apropiado para la diversión y el entretenimiento que para la transmisión de la técnica y el conocimiento. Pero las dudas se han despejado por la mayor y más rápida expansión y transmisión de las noticias que se produce a través de las redes sociales. Ejemplo de ello es que, siendo, tanto en arqui-terra

como en Arqui-terra Facebook, los principales medios para conocer ambos grupos el boca a boca o la búsqueda por Internet, desde su creación en 2010, en menos de 3 años, Arqui-terra Facebook ha superado el número de miembros de la veterana lista arqui-terra en menos de la tercera parte de tiempo, e incluso con más agilidad y volumen de información transmitida e intercambiada. A 30 de junio de 2013 hay 1539 amigos pertenecientes al grupo Arqui-terra Facebook. Esta mayor agilidad y facilidad de penetración puede comportar una ligera pérdida de profundidad. La veterana arqui-terra puede ser más eficaz para resolver dudas o consultas técnicas, gracias al índice de mensajes y el buscador asociado permite consultar en una suerte de biblioteca, mientras que Arqui-terra Facebook vendría a ser como un muro con titulares de prensa, donde cada quien podría introducirse en los links o enlaces del muro si deseara mayor información, también permite el intercambio de mensajes a través de los comentarios de cada entrada. Todos los pertenecientes al grupo son libres de publicar y hay varios administradores que se encargan de moderar el contenido de las publicaciones en el caso de no ser pertinente el contenido de las mismas. La información es muy rápida, da acceso a titulares de prensa, enlaces a diferentes contenidos, información sobre cursos relacionados con el mundo de la tierra, videos, fotografías…Lo que no permite de momento es consultar estadísticas de uso o hacer búsquedas por fecha, sí por palabras o usuarios.

A partir de la experiencia, se han creado recientemente extensiones de arqui-terra en otras redes especializadas para ir formando almacenes o archivos de documentos, fotos, videos de construcciones con tierra, (BiblioTerra, FotoTerra ó VideoTerra) en Scribd, Flickr y Vimeo. Estas redes incipientes se irán progresivamente cargando de contenidos con la participación de los arqui-terros y todos los interesados en la construcción con tierra.

Redes de Arqui-terra

FotoTerra (figura 6): http://www.flickr.com/fototerra/

BiblioTerra: http://www.scribd.com/biblioterra/

VideoTerra: http://www.vimeo.com/videoterra/

Blog de Arqui-terra: http://www.arquiterras.blogspot.com.es

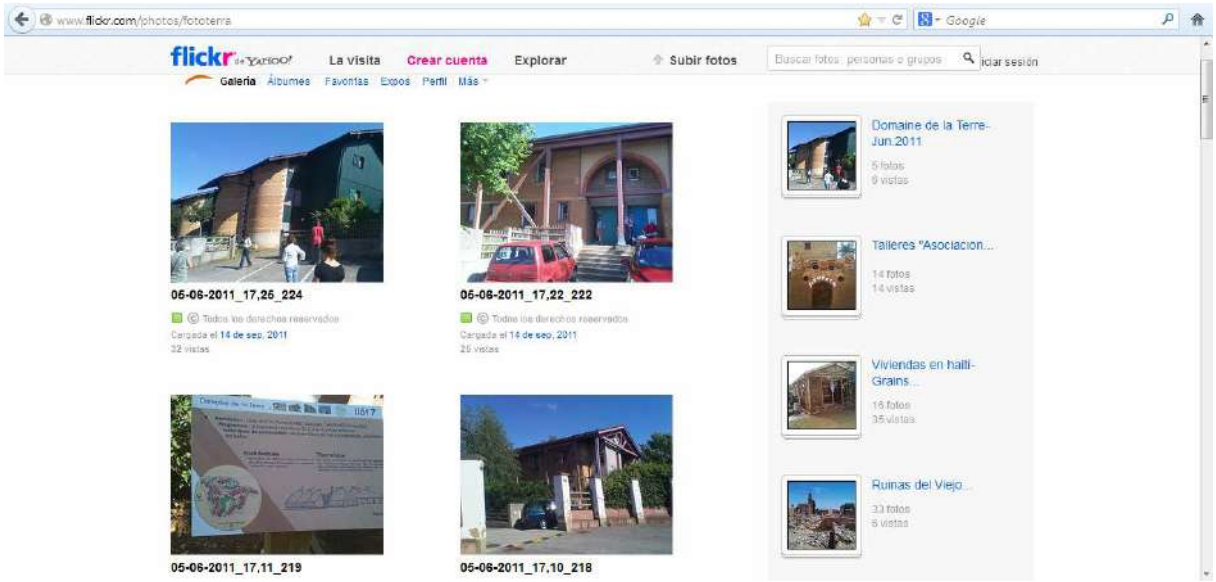


Figura 6. Portada de FotoTerra

Para el lanzamiento de esas ampliaciones de la veterana lista de correo arqui-terra se ha constituido el Grupo Arqui-terra Redes.

Análisis de la presencia de la construcción con tierra en las redes sociales

Al crecer Arqui-terra Facebook como una tela de araña por ambas orillas del Atlántico y fundamentalmente por las recomendaciones de los amigos, y poder sin ninguna restricción

sus miembros comunicar noticias o eventos en su Muro, se constituye el Grupo como un observatorio para palpar las demandas y necesidades de la población con necesidades de vivienda, las técnicas y tecnologías de la tierra que suscitan interés. Se constata:

1.- Una gran demanda de auto constructores que quieren realizar su casa en tierra, quizá porque no encuentran alternativas en el sector formal (proyectistas y constructores, o porque no pueden afrontar sus costes.

2.-Multiplicidad de agentes que imparten talleres y cursos, vinculando la construcción con tierra a la bioconstrucción, la ecología, la sostenibilidad, y a la agricultura ecológica, quizás en muchos casos sin la suficiente capacitación técnica sobre la tierra y la construcción en general.

3.- Muchos de esos cursos y talleres suelen tener un gran contenido práctico y de contacto con el material, los alumnos participan con sus manos en una construcción. Por el contrario las enseñanzas oficiales de proyectistas y trabajadores de la construcción, o los cursos o congresos más cortos ofrecidos por las universidades, en muchos casos son exclusivamente teóricos y sin llegar a tocar el material ni realizar con él un elemento constructivo. La profusión de la enseñanza no formal quizás está ligada a una demanda no suficientemente atendida por los sectores de la enseñanza reglada en todos sus niveles.

4.- El fenómeno de la autoconstrucción va unido a la carencia de normalización de los sistemas constructivos en tierra y de las normativas municipales y nacionales que permitan su utilización en las nuevas construcciones. Como no puede construirse por falta de reglamentos y normas de manera formal, se recurre a lo informal, que comporta a veces por precariedad y falta de conocimientos riesgos económicos y construcciones inseguras. Resulta necesaria la actuación de universidades y administraciones en la redacción y aprobación de normas y reglamentos de uso.

5.- La rápida expansión por Internet permite la difusión de nuevas técnicas que parecen ponerse de moda y suscitar la admiración general de los demandantes de nuevas construcciones (como puede ser el caso de la tierra ensacada, popularmente denominada “superadobe”, aunque no esté suficientemente experimentada su durablilidad y no sea la más adecuada para todos los usos), con el relegamiento y el olvido de otras técnicas milenarias como el tapial o el adobe.

Otros agentes de la Construcción con tierra en las redes sociales.

En las bases de datos de la Web de la lista arqui-terra (Mensajes | Enviar Mensaje | Ficheros | **Datos** | Encuestas | Eventos | Mis Preferencias) y en los Archivos de Arqui-terra Facebook (Arqui-terra Facebook| Información | Eventos | Fotos | Archivos) se ofrece una variada muestra de otros agentes y grupos equivalentes y de recursos disponibles en Internet.

4. CONCLUSIONES

Si para satisfacer una necesidad como la de desplazarse, el ser humano, a medida que fue avanzando su grado de tecnificación y mecanización fue recurriendo a medios como el transporte por animales, la navegación, la bicicleta, el automóvil, el tren y el avión, en un intento de moverse de un lugar a otro en el menor tiempo, parece obvio que para lograr la satisfacción de otra necesidad humana como es lograr un alojamiento digno y saludable con una técnica milenaria que es la construcción con tierra, para conseguir una difusión y extensión de los conocimientos se puedan utilizar las nuevas herramientas que proporciona Internet y las redes sociales, sin que por ello tengan que dejar de utilizarse los instrumentos clásicos de obtención del conocimiento, de la misma manera que se siguen usando todos los sistemas de desplazamiento citados.

Logo de arqui-terra diseñado por Silvia Oniss

Currículos

José María Sastre Martín. Arquitecto Técnico e Ingeniero en Edificación (España). Creador de la Lista de Correo “arqui-terra” y de “Arqui-terra Facebook”. Miembro de la Red Proterra.

Raquel Martínez Fernández. Arquitecta (España), Master en Restauración, Especialista en Cooperación. Coordinadora de Arqui-terra Facebook y membro de la Asociación Estepa.

Maria Rosa Juarez. Arquitecta (Argentina), coordinadora de Arqui-terra Facebook, miembro de la Red Proterra.

Lorena Castañeda. Arquitecta (Perú), coordinadora de Arqui-terra Facebook

Laurent Coquemont. Técnico superior en Construcción, Experto en construcción con tierra, Formador de formadores en el programa europeo “Leonardo da Vincí” y miembro de la red Proterra.

Rafael López Marcos. Licenciado en Ciencias Físicas (España). Desarrollador de software y aplicaciones.

Rubén Lagunas Tello. Arquitecto Técnico (España). Técnico Superior en Rehabilitación de edificios. Especialista/ formador revocos de tierra ECVET / 2012. Bloguero.

CONSTRUYEIDENTIDAD: UNA PROPUESTA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL INTERDISCIPLINARIA PARA LA DIFUSION Y APRENDIZAJE DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

Marianne Trauten, Rolando Tafur

ConstruyeIdentidad
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria cuadra 18, Lima Tel. (+51) 9 98769945 Tel. (+51) 964212909
construyeidentidad@gmail.com

Palabras clave: experimentación, tierra, responsabilidad social, intervención participativa, arquitectura vernácula.

Resumen

El Perú, gracias a su variada geografía, tiene una diversidad de técnicas constructivas tradicionales ingeniosas, creativas y con una fuerte carga de información acerca de las particularidades geográficas, medioambientales y culturales de una determinada región o centro poblado. Sin embargo, en aras del progreso y la modernidad, se está homogenizando un estilo con nuevos materiales industriales para el cual no se toma en cuenta ninguno de estos condicionantes. Este cambio, más allá de estético y tipológico, tiene como resultado construcciones inadecuadas y permite la pérdida de conocimientos valiosos. Esto, entre otros, contribuye a la pérdida de identidad cultural de una determinada población.

Los culpables de que esto suceda somos todos.

Los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil tienden a excusar su desinterés por los materiales tradicionales con el argumento de querer ser profesionales modernos, mientras que los interesados difícilmente encuentran en sus universidades la posibilidad de tener una buena formación en el tema.

Los estudiantes de otras disciplinas están parcializados por lo que se dice en los medios y el común hablar: tierra equivale a pobreza, materiales industriales a modernidad y progreso.

En cuanto a profesionales y docentes, hay los que aprovechan su posición para difundir sus propias opiniones negativas con respecto a la tierra como material de construcción; a los que les gusta pero carecen de técnica y conocimientos; y los especialistas que llevan a cabo grandes avances pero que tienen problemas con la difusión.

De igual manera, ó en consecuencia, los habitantes de comunidades rurales se adjudican una serie de connotaciones subjetivas negativas por poseer una vivienda de construcción tradicional, a lo que se suma la queja por la vulnerabilidad estructural de la vivienda frente a los condicionantes climáticos y los sismos.

El problema es que para solucionar esta situación de disconformidad y falta de información en torno a la construcción con tierra, no existe hoy en dia suficiente difusión; las propuestas aisladas de universidades, institutos y arquitectos e ingenieros profesionales sirven de buenos referentes, pero son insuficientes para una problemática tan masiva, de rápida expansión y que atañe a diversos actores.

La presente ponencia dará a conocer sobre el trabajo que realiza 'Construye Identidad', una agrupación de estudiantes que propone masificar la difusión de conocimientos y puesta en acción bajo la modalidad de un voluntariado de responsabilidad social, con la interdisciplinariedad como estrategia de comprensión y difusión.

Se empieza capacitando a estudiantes de arquitectura e ingeniería, quienes puedan contribuir con la investigación y la innovación de las técnicas constructivas, para luego capacitar masivamente a jóvenes de diferentes disciplinas, quienes aumenten el número de voluntarios de acción masiva, y aporten desde sus disciplinas nuevos enfoques y ejerzan en ellas influencia positiva para con el uso de materiales tradicionales en la construcción.

El aprendizaje y puesta en acción se lleva a cabo a través de capacitaciones y trabajo directo participativo con comunidades rurales objetivo, para aprender de sus conocimientos ancestrales, y a

través de la investigación e innovación, llegar a nuevas propuestas tecnológicas que satisfagan las necesidades del usuario contemporáneo, sin comprometer el uso de materiales tradicionales. Esta experiencia vivencial directa "con las manos en la masa" trae consigo aceptación, respeto y valoración por la construcción tradicional.

Para ejemplificar estas ideas, se contará la experiencia del trabajo con la comunidad de Patalá, en los Andes Centrales Peruanos.

1. PROPUESTA: MASIFICACIÓN DE LA DIFUSIÓN Y PUESTA EN ACCIÓN

La presente ponencia dará a conocer sobre el trabajo que realiza 'Construye Identidad', una agrupación de estudiantes que propone masificar la difusión de conocimientos y puesta en acción bajo la modalidad de un voluntariado de responsabilidad social, con la interdisciplinariedad como estrategia de comprensión y difusión.

1.1 Inclusión de estudiantes de arquitectura e ingeniería civil

Se empieza capacitando a estudiantes de arquitectura e ingeniería civil, quienes puedan contribuir con la investigación y la innovación de las técnicas constructivas.

1.2 Inclusión de estudiantes de diferentes disciplinas

Luego se continúa la labor con jóvenes de diferentes disciplinas, quienes aumenten el número de voluntarios para el logro de una acción masiva. Desde estas, ellos aportan nuevos enfoques e insertan a sus disciplinas una influencia positiva para con el uso de materiales tradicionales en la construcción.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El Perú, gracias a su variada geografía, tiene una diversidad de técnicas constructivas tradicionales ingeniosas, creativas y con una fuerte carga de información acerca de las particularidades geográficas, medioambientales y culturales de una determinada región o centro poblado. Sin embargo, en aras del progreso y la modernidad, se está homogeneizando un estilo con nuevos materiales industriales para el cual no se toma en cuenta ninguno de estos condicionantes.

Este cambio, más allá de estético y tipológico, tiene como resultado construcciones inadecuadas y deriva en la pérdida de conocimientos valiosos, y por ende, de identidad cultural de una determinada población.

3. LOS CULPABLES DEL PROBLEMA

Se considera que para poder proponer soluciones al cambio mencionado, es necesario identificar las causas reales por las cuales las personas están considerando adecuado dejar de lado el uso de la tierra para sus edificaciones.

Se formula una hipótesis acerca de quiénes podrían ser los actores responsables de que la problemática mencionada ocurra, en la cual se interpela desde estudiantes de arquitectura e ingeniería, responsables de los conocimientos técnicos existentes y manejo de la información desde las disciplinas más allegadas, hasta los estudiantes de otras, quienes observan y evalúan el problema desde un panorama más alejado y subjetivo; desde profesionales y docentes a cargo de la investigación y difusión de conocimientos desde la academia hasta los habitantes de las comunidades rurales, testigos de los conocimientos pasados por tradición práctica a lo largo de generaciones.

Para comprobarla se recurrió a una investigación cuantitativa, teniendo como herramienta central para la recolección de datos a encuestas aplicadas a una muestra seleccionada por muestreo estratificado (Kogan, 2009) y con ello referencial de 80 estudiantes de arquitectura e ingeniería y a 50 estudiantes de otras disciplinas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Federico Villareal,

Universidad Ricardo Palma, Universidad San Ignacio de Loyola, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas y Universidad de Lima. Además se encuestó a 30 profesores de la PUCP.

3.1 Los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil

Los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil tienden a excusar su desinterés por la tierra como material de construcción debido a considerarla inadecuada e ineficiente para las edificaciones modernas, mientras que los interesados difícilmente encuentran en sus universidades la posibilidad de tener una buena formación en el tema.

Lo previamente dicho se avala con los siguientes resultados arrojados por la encuesta:

La mayor parte de los encuestados consideran que las edificaciones de tierra pueden ser visualmente agradables, pero nunca construirían su propia vivienda de dicho material por considerarlo el más vulnerable en comparación con la madera, el concreto armado y el ladrillo. Asimismo, la asocian por completo con la pobreza, la falta de higiene y con la poca resistencia a la lluvia. Sin embargo, se considera el material más resistente al frio y el menos costoso.

Por otro lado consideran que una casa de tierra no es el producto de un proceso de elección, sino como consecuencia de la falta de recursos económicos necesarios para acceder a otro material. Esto se intensifica a partir de su carácter accesible y gratuito y hereditario en tanto los conocimientos técnicos no dependen del contrato de un tercero para la construcción, sino del traspaso generacional de capacidades.

Dentro del imaginario de esta muestra las casas de tierra están prioritariamente asociadas con términos como ‘rústico’, ‘rural’ y ‘vulnerable’ ante los condicionantes climáticos y sismos. Sin embargo, también se las califica como ‘calientes’ y ‘ecológicas’, pero ello no implica que estén dispuestos a vivir en una casa de este material por considerarlas, nuevamente, vulnerables y antihigiénicas.

Ahora bien, la gran mayoría, pese a haber recibido algún tipo de enseñanza que haga referencia a la tierra como material de construcción con una connotación positiva, llevándolos por ejemplo a considerar a la tierra como el mejor aislante térmico, considera que debe intensificarse el estudio sobre sus técnicas constructivas.

Por otra parte, la mayoría considera posible que existan viviendas modernas de tierra, capaces de brindar las mismas comodidades que una de ladrillo. Pero, a pesar de eso, no les queda claro la posibilidad de que puedan tener instalaciones de luz, agua y desagüe con la misma eficacia.

De la misma manera, el mayor número de encuestados ha tenido o tiene interés en aprender sobre la construcción con tierra, sin embargo, no existe una formación dentro del plan curricular, por lo cual saben que pueden acudir individualmente a determinados profesores expertos en el tema, a algún curso electivo o a bibliografía relacionada.

Cabe resaltar que lo anteriormente expuesto son las nociones de sujetos que, por pertenecer a la academia y disciplina, evalúan desde los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación, pudiendo estos ser o no –como se comprueba en los resultados de la encuesta- insuficientes.

3.2 Los estudiantes de otras disciplinas

Los estudiantes de otras disciplinas están parcializados por sus vivencias, percepciones, experiencias o prejuicios: tierra equivale a pobreza, materiales industriales a modernidad y progreso.

Dichos prejuicios fueron confirmados por medio de la metodología en cuestión, la cual emitió como resultado que gran parte de la muestra considera a la tierra como un material de construcción muy vulnerable frente a los condicionantes climatológicos como el frío y la lluvia, así como frente a los sismos. Además la califican de desagradable y antihigiénica, pero también de poco costosa.

Por otro lado consideran que una casa de tierra no es el producto de un proceso de elección, sino, al igual que la muestra anterior, como consecuencia de la falta de recursos económicos necesarios para acceder a otro material. La disponibilidad y accesibilidad a un bajo o ningún costo del material es un factor decisivo para la construcción con dicho material.

Dentro del imaginario de estos estudiantes las casas de tierra están prioritariamente asociadas con términos como ‘pobre’, ‘vulnerable’ y ‘antihigiénico’, razones por las cuales la mayor parte de ellos nunca vivirían en una casa de tierra. Por estas debilidades consideran necesario que se intensifique el estudio acerca de este tipo de construcción, sobre la cual tampoco han recibido enseñanza relacionada al tema.

Pese a esto, la mayor parte de la muestra considera que la tierra es el mejor aislante térmico en comparación con el ladrillo y la madera, pero que es incapaz de resistir a los sismos, incluso con un reforzamiento especial. Del mismo modo, la mayoría considera que sí se puede tener instalaciones de luz, agua y desagüe en una casa de tierra moderna, pero al mismo tiempo no creen que puedan tener las mismas comodidades que en una casa de ladrillo. Finalmente, se considera de importancia que se mantengan las técnicas tradicionales de construcción (gráficos 1, 2 y 3).

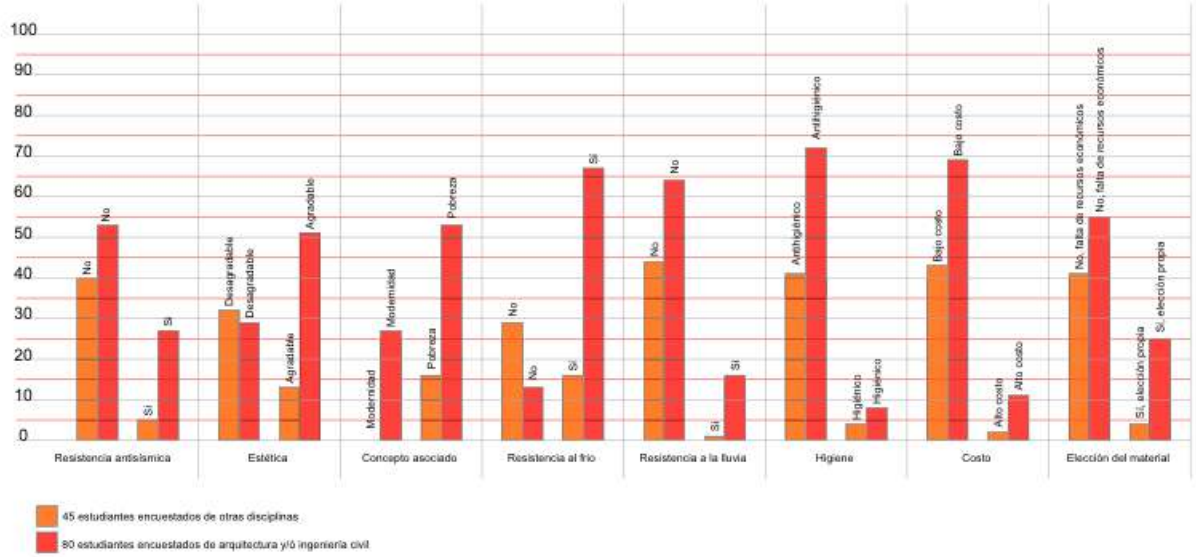
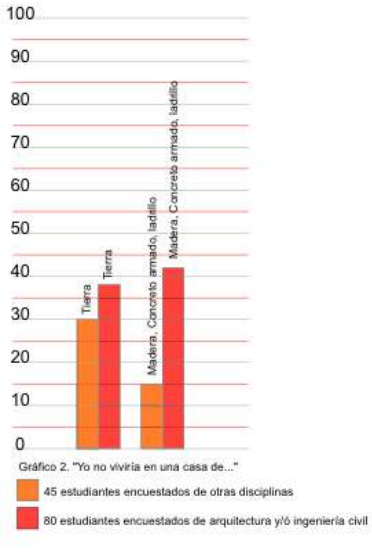
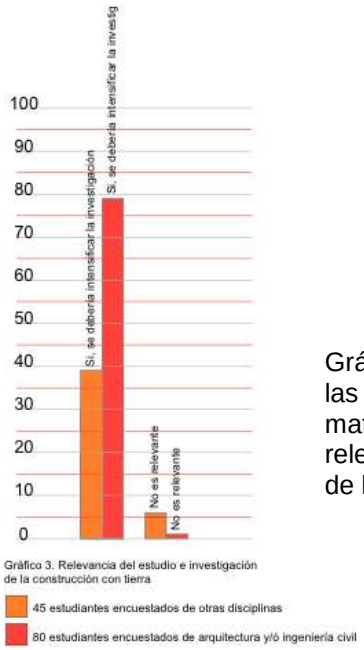


Gráfico 1. Datos arrojados ante la pregunta de si el encuestado asocia la tierra con los temas mencionados





Gráficos 2 y 3: Datos arrojados ante las preguntas: en una casa de qué material no viviría el encuestado; la relevancia del estudio e investigación de la construcción con tierra

3.3 Profesionales y docentes

En cuanto a profesionales y docentes, hay quienes no sientes interés y con ello ejercen influencia directa o indirecta en sus alumnos; hay a quienes les gusta pero carecen de técnica y conocimientos; y los especialistas que llevan a cabo grandes avances pero que tienen problemas con la difusión.

El enunciado ha sido demostrado con la encuesta aplicada.

Ella señala que la mayoría de profesores encuestados les interesa especialmente la construcción con tierra y que la conoce lo suficiente por haber trabajado en algún proyecto relacionado a dicho material, pero no tanto como para considerarse experto. La siguiente mayor parte de la muestra indicó que siente interés por la misma, mas conoce poco acerca del tema, lo que refuerza la información brindada por los estudiantes con respecto a la poca información y formación sobre el tema de la que disponen en sus centros de estudio.

Poco menos del total tiene pensado aprender sobre técnicas de construcción con tierra asistiendo a cursos o seminarios y acudiendo a bibliografía relacionada.

Por otro lado, los docentes especialistas que llevan a cabo trabajos de investigación e innovación tienen dificultades para difundir los conocimientos adquiridos. Este caso se percibe por los estudiantes de la PUCP, universidad que cuenta con una gama de docentes expertos que desarrolla avances en el reforzamiento de estructuras de tierra con fines antisísmicos. La difusión de este material se ve dificultada al tener que limitarse a la currícula universitaria presentada por las Facultades de Ingeniería Civil y Arquitectura y Urbanismo, las cuales, a pesar de que cerca del 39% de viviendas en el Perú estén construidas en tierra (INEI, 2007), la cual solo plantea asignaturas relacionadas al tema como curso electivo (gráfico 4).

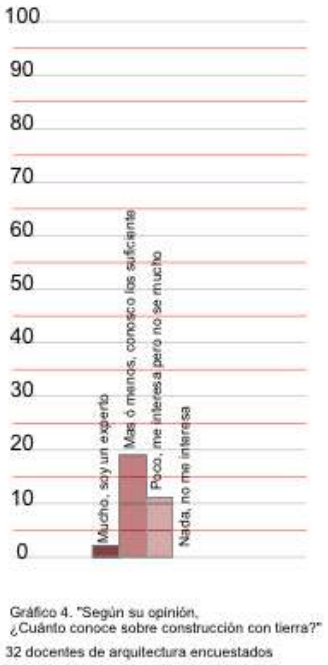


Gráfico 4. Datos arrojados ante la pregunta de cuánto conoce el encuestado sobre la construcción con tierra

3.4 Los habitantes de las comunidades rurales

De igual manera, o en consecuencia, los habitantes de comunidades rurales se adjudican una serie de connotaciones subjetivas negativas por poseer una vivienda de construcción tradicional, a lo que se suma la queja por la vulnerabilidad estructural de la vivienda frente a los condicionantes climáticos y sísmicos.

Esta hipótesis se comprobó con la aplicación de una encuesta a 10 pobladores de la comunidad de Patalá (Junín, Perú) sobre el proceso de construcción y los materiales usados en la propia vivienda, así como los materiales ideales que ellos quisieran para las mismas, de tener las posibilidades para obtenerlos.

Como resultado se obtuvo que en el caso de las paredes de la propia vivienda se cumple el caso. Si bien los pobladores tienen en mente las ganas de querer modernizarse para progresar, en los demás casos la prioridad urgente es arreglar las deficiencias estructurales y complementarias de la casa, y por ende la razón que los motiva a cambiar los materiales de su vivienda por nuevos materiales industriales, lo cual podría suceder únicamente si los habitantes posean los recursos económicos necesarios.

Esto último se asocia y respalda con la semioesfera sugerida por los semiólogos Yuri Lotman y replanteada por Jacques Fontanille. En ella se conciben cuatro tiempos en una determinada cultura cuando ingresa algo nuevo: el brillo de lo extraño, la difusión de lo familiar, la exclusión de lo específico y el despliegue de lo universal. El primero de ellos alude a que

> *el aporte exterior [*en este caso los materiales industriales*] es percibido como brillante y singular, sobrevalorado como prestigioso o inquietante; en consecuencia, se beneficia de una axiología ambivalente: positiva en cuanto a la sorpresa o al interés que suscita, negativa en cuanto a su fuerza subversiva o distintiva en relación con la cultura de acogida*. (Fontanille, 2001, p.245)

Sin embargo, este tiempo, en la comunidad de Patalá, ya está concluyendo, dando paso a que incluso el siguiente empiece a mostrar sus efectos. Es decir, se está iniciando un momento en el que *el aporte exterior es imitado, reproducido y transpuesto en términos de lo 'propio' y de lo 'nuestro', lo que le permite ser difundido e integrado por entero en el campo interior* (Fontanille, 2001, p.246). Ahora, si bien la comunidad aún no llega a la exclusión de lo específico y en consecuencia tampoco al despliegue de lo universal, cabe definir ambas nociones de manera que las temporalidades resulten de comprensión clara y abiertas a ser aplicables cuando la observación de sus síntomas los evidencie. Así, la exclusión de lo específico quiere decir que

> *el aporte exterior no es reconocido como extraño, su origen es incluso discutido, se le retira todo lo que tiene de específico, se le oculta para asimilarlo mejor a la cultura de acogida; el dominio exterior conserva aquí toda su especificidad y su singularidad, y parece tanto más vivamente confuso, falso, no pertinente, cuanto más éxito se ha tenido que asimilar por completo la forma prestada*" (Fontanille, 2001, p.246),

mientras en el último tiempo, el despliegue de lo universal,

> *el aporte de lo exterior, vuelto irreconocible como tal, es erigido en norma universal y es propuesto de retorno, no solamente en los límites del dominio interior sino también en los dominios exteriores, como parangón de toda cultura, como signo de la civilización por excelencia.* (Fontanille, 2001, p.247).

4. OBSTÁCULOS PARA MEJORAR LA SITUACIÓN DE DISCONFORMIDAD

Para solucionar la mencionada situación de disconformidad y falta de información en torno a la construcción con tierra, no existe hoy en dia suficiente difusión; las propuestas aisladas de universidades, institutos y arquitectos e ingenieros profesionales sirven de buenos referentes, pero son insuficientes para una problemática tan masiva, de rápida expansión y que atañe a diversos actores.

5. APRENDIZAJE Y PUESTA EN ACCIÓN: EJEMPLO PATALÁ 2012

ConstruyeIdentidad propone una manera diferente de transmitir entre los jóvenes conocimientos en torno a la construcción con tierra, para generar una nueva ola de interés

ya no sólo entre académicos especialistas, sino también por parte de estudiantes con diferentes miradas innovadoras y frescas. Para dicho fin, se organizan diferentes tipos de talleres vivenciales y experimentales, en los cuales se presenta la construcción con tierra como un tema atractivo en el cual todos están al alcance de "meter la mano y embarrarse" al mismo tiempo de ejercer responsabilidad social para con el país.

Para una primera experiencia se eligió explorar la arquitectura de la Puna en la Sierra Central del Perú. Patalá es una comunidad campesina ubicada en la cumbre de un cerro a 4000msnm en el distrito de Pucará, en Huancayo -Junín. La comunidad consta aproximadamente de 221 habitantes (SISFOH, 2011) y vive en torno a la agricultura, del cultivo de papa y otros tubérculos. Salvo el local comunal y el colegio primario, todas las viviendas están hechas de tierra (tapial), pero tras encuestar y entrevistar a los pobladores se supo que la mayoría de los habitantes preferiría cambiarlas por construcciones de ladrillo y cemento. Esto se debe a que la condición de sus viviendas actuales los hace vulnerables frente a los factores climatológicos, y a la asociación de estos materiales externos con progreso, estética e higiene.

5.1 Trabajo participativo con los pobladores de la comunidad

Desde el comienzo, se trabajó progresivamente con la comunidad de Patalá entorno a la revalorización de su construcción en tierra.

Con dicho fin, el equipo de construye*identidad* viajó repetidas veces a Junín, logrando reunirse con el líder y los pobladores de Patalá para exponerles las intenciones de trabajo conjunto y las posibilidades de aprendizaje mutuo. Una vez aprobado el proyecto por ellos, se les dio a conocer la existencia de arquitectura moderna en tierra y la capacidad de esta de responder adecuadamente a las deficiencias de sus viviendas. Cabe resaltar que los pataleños tienen primordialmente las siguientes urgencias en torno a estas:

Por un lado, en época de lluvia (noviembre-abril), las paredes de tierra y techo de tejas o calamina se ven muy afectados por el agua y el viento. Por otro, quisieran que sus casas se vieran más presentables por fuera, con tarrajeo y pintura, para lo cual conciben al ladrillo o cemento como única opción.

Un punto importante del proyecto es identificar expertos en la zona que los manejen conocimientos de cómo construir de manera adecuada para dicha región. El equipo mismo está en un proceso de aprendizaje para volverse expertos, por lo que su labor principal en la actualidad es la de facilitadores que permitan que los conocimientos lleguen desde el punto A en el que se encuentran, a donde no los hay en el punto B.

5.2 Capacitación de estudiantes

En paralelo, se convocó a alumnos voluntarios que participaron de varias capacitaciones teórico-prácticas en torno a las técnicas constructivas del lugar objetivo. Para el caso de Patalá se indagó y experimentó la construcción en tierra por medio del ensayo-error.

Se realizaron seis workshops durante dos semestres académicos. Para el primero se trabajó tarrajeo con tierra, tapial y técnicas de techado y para el segundo tarrajeos impermeables, adobe y nuevamente tapial (figura 1). Se convocaron de manera atractiva y fueron realizados en un lugar visible por toda la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la PUCP, de manera que incluso profesores y alumnos no participantes estuvieran al tanto y sintieran curiosidad por algo no visto hasta el momento: estudiantes embarrándose, tal como lo muestra la foto colocada al final del texto. Posteriormente, los productos de los workshops (bancas de tapial coloridas, paneles con diferentes tarrajeos, quinchas ondulantes, etc) fueron dejados en el patio de la facultad durante todo el año, para que todo interesado pudiera acercarse y tocarlos.

Figura 1. Workshop de tarrajeo impermeable 2012

5.3 Intervención participativa INSITU

Es preciso dividir el trabajo realizado a lo largo del 2012 en dos etapas para su mejor comprensión.

5.3.1 Primera etapa – 2012-1

Durante el proceso de trabajo con Patalá se identificó al Sr. Román Remuzgo, un artista plástico de la comunidad de Sapallanga, Huancayo, que pasó a ser el experto al que hacemos referencia en párrafos previos. Por sus conocimientos sobre las tierras del Valle del Mantaro y técnicas naturales usadas antiguamente por los incas y pre-incas en la zona, contó cómo del cactus molido se extrae una sustancia gomosa que, mezclada con el barro para tarrajear, la impermeabiliza ante la lluvia y por lo tanto, evita la erosión de las paredes (Vargas et al, 1986.)

Junto con el Sr. Román, el grupo de estudiantes que se preparó en Lima y los pobladores de Patalá, se organizó una intervención de 6 días en el pueblo, donde los quehaceres conjuntamente acordados fueron el tarrajeo de la capilla con esta nueva técnica y la construcción de un espacio público.

El principal objetivo durante ese periodo fue que el trabajo conjunto sirviera como capacitación sobre este tipo de construcción, tanto a pobladores como a estudiantes. Así se aprendió de ellos una técnica particular de hacer tapial, y ellos hicieron lo mismo con el tarrajeo impermeable que, además de las ventajas ya mencionadas, proponía la consolidación de paredes atractivas y “presentables”, conllevando a su vez a la revalorización de la cualidad estética y eficaz del material.

5.3.2 Segunda etapa

Una vez que la primera parte del proceso fue completada se concluyó que las metas inicialmente planteadas fueron cumplidas: se instauró en Patalá y en los estudiantes la semilla que los llevó a repensar los materiales tradicionales como insumos para lograr, junto con la técnica adecuada, resultados sumamente satisfactorios y arquitectónicamente eficientes y atractivos estéticamente.

Pero una sola experiencia no bastaba para asegurar que en Patalá se pondrían en práctica los conocimientos conjuntamente aprendidos. Por ello, y para generar un impacto real en la

comunidad, se planificó una segunda intervención. Esta tuvo cabida en una vivienda particular de una de las familias pataleñas, en quien se buscó dedicación y compromiso de tal modo que esta lograra ser un ejemplo reproducible para el resto de la comunidad.

Por otro lado, se planificaron y realizaron los viajes previos por parte del equipo para entablar las coordinaciones con la comunidad y la familia seleccionada, ejecutados además con la finalidad de fortalecer los lazos de cooperación y mutuo compromiso. De la misma manera, los estudiantes continuaron capacitándose con los talleres teórico-prácticos ya mencionados y abrieron sus puertas al ingreso de nuevos voluntarios. Y así **construye***identidad*, junto con la familia pataleña Hualpa, empezó la segunda etapa.

El viernes 8 de marzo se partió nuevamente de Lima con 20 voluntarios. En la intervención se trabajó por seis días junto con el Sr. Cayo Hualpa, el jefe de la familia; su esposa, la señora Delia; su hijo Cayito y su sobrino José en el tarrajeo de su vivienda con la mezcla impermeable ya aprendida y mejorada. En esta ocasión también se contó con la supervisión del experto en la técnica, el Sr. Román Remuzgo.

Figura 2. La casa de la familia Hualpa el antes y el después.

6. CONCLUSIONES FINALES

Tras haber culminado el año de trabajo en torno a Patalá, pueden sacarse varias conclusiones en cuanto a la forma de trabajo utilizada y al cumplimiento de los objetivos planteados por ConstruyeIdentidad.

Por un lado, se puede afirmar que habían muchos estudiantes interesados en la construcción con tierra, quienes efectivamente no habían hasta entonces encontrado un espacio en donde poder aprender y experimentar de manera libre este material. Además, fue notorio que el tema de la responsabilidad social entre los jóvenes es algo muy valorado y demandado, por lo cual presentar el proyecto como una manera de ejercerla causó no sólo interés y aceptación entre la gente, sino que además dieron cuenta de la posibilidad de participar y aportar sin necesidad de tener mayores conocimientos técnicos propios de las disciplinas de arquitectura o ingeniería.

Por otro lado, el proyecto causó al mismo tiempo sensación y cuestionamiento por parte de profesores – algunos acudieron al grupo con fines de dar sus propios aportes ante tal inesperado e inusual interés, y otros no dudaron en mantenerse recelosos antes la idea de que estudiantes demostraran iniciativas no cubiertas por la docencia. Asimismo, en la comunidad de Patalá se generó una curiosidad positiva ante la extraña aproximación e interés de jóvenes de la Capital haciendo referencias positivas sobre su forma de construir en tierra, además de haber sembrado la semilla de la idea de que es posible hacer arquitectura *moderna* en tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fontanille, Jacques (2001). *Semiótica del discurso*. Lima: Fondo editorial Universidad de Lima: Lima: 2001. p.245-247.

INEI (2007). Censos Nacionales 2007 XI de Población y VI de Vivienda. En: Censos Nacionales INEI Lima 2007. http://www.inei.gob.pe

Kogan, Liuba. *Aprender a investigar*. Lima: Fondo editorial Universidad de Lima:: 2009. Pg. 100.

SISFOH. Sistema de focalización de hogares. 2011 http://www.sisfoh.gob.pe/

Vargas Neuman, Julio; Heredia Zavini, Ernesto; Bariola Bernardes, Juan; Mehta, Povindar K. (1986). *Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas*. Lima: PUCP.

Currículos

Marianne Trauten Farfán, Estudiante de arquitectura, último año, PUCP. Intercambio en la Universidad de Stuttgart, dos construcciones con materiales tradicionales en febrero y marzo del 2011 y 2012 en Sudáfrica. Workshop de construcción en tierra con CRATerre 2011 y del SIACOT, Terra 2012. Trabaja en ConstruyeIdentidad desde 2011. (http://www.facebook.com/pages/ConstruyeIdentidad/108165655974626?ref=hl)

Rolando Tafur Vásquez**,** Estudiante de octavo ciclo de arquitectura, PUCP, proyecto con tierra cruda en la Libertad 2011, Workshop de verano Lima Beyond the Park realizado por la PUCP, Universidad de Sttutgart y Municipalidadad de San Martín de Porres – Lima, Asistente y Comisión Organizativa del 28th PLEA Lima-Perú. Trabaja en ConstruyeIdentidad desde 2011.

(http://www.facebook.com/pages/ConstruyeIdentidad/108165655974626?ref=hl)
www.construyeidentidad.org

ANEXO

ENCUESTA PARA DOCENTES DE ARQUITECTURA

1. ¿Le interesa especialmente la construcción con tierra?
   SI…… NO……
2. Según su opinión, ¿cuánto conoce sobre construcción con tierra?
   Mucho, soy un experto……
   Más o menos, conozco lo suficiente……
   Poco, me interesa pero no sé mucho……
   Nada, no me interesa……
3. ¿Ha trabajado alguna vez en un proyecto de construcción con tierra?
   SI…… NO……
4. ¿Tiene pensado aprender sobre técnicas de construcción con tierra?
   SI…… NO……
5. Si la respuesta es sí, ¿cómo planea hacerlo?

Carrera:_____ Centro de estudios:_____

ENCUESTA PARA ESTUDIANTES

1.- Marca los casilleros de las palabras que relaciones con:

VIVIENDA	RESISTENCIA		ESTETICA		STATUS		TEMPERATURA		LLUVIA		SALUD		PRECIO	
Tipo de material	Antisismica	Vulnerable a sismo	Agradable	Desagradable	Moder-na	Pobreza	Resiste al frio	Poco resistente al frio	Resistente	Poco resistente	Higié-nica	Antihi-gienica	Costosa	Poco costosa
MADERA														
LADRILLO														
TIERRA														
CONCRETO ARMADO														

2.- Marca los casilleros con todas las razones por las cuales crees que una persona construye su casa de:

VIVIENDA Tipo de material	Elección	Disponibilidad de materiales	Costo	Disponibilidad de tiempo	Conocimiento de la técnica	Falta de recursos económicos	Resistencia antisísmica	Mejor status social	Estándar de construccion	Sostenibilidad de medio ambiente	Rústico y pintoresco
MADERA											
LADRILLO											
TIERRA											
CONCRETO ARMADO											

3.- Cuál es el primer adjetivo que se te viene a la mente cuando piensas en una casa de tierra?
.....

4.- Yo no viviría en una casa de : (marca una)
a) Ladrillo
b) Madera
c) Concreto armado
d) Tierra

Por qué?
……
……

5.- Escribe la letra de todos los lugares dónde podría estar ubicada una casa de:
I. Madera……
II.Tierra……..
III. Ladrillo……..
IV. Concreto armado…….
a)Distrito de Miraflores - Lima
b)Distrito de Ventanilla - Callao
c)Ciudad de Chiclayo
d)Ciudad de Iquitos
e)Ciudad de Huancayo
f)Pueblo de Marcavalle – Junín
g)Pueblo de Lamas – San Martín
h)Pueblo de Morropón – Piura

6.- ¿Crees que se debería intensificar el estudio y las técnicas de construcción con materiales tradicionales?
SI…….NO…..
Porqué?
……
……
……

7.- Durante el tiempo de tus estudios universitarios has recibido alguna enseñanza que haga referencia a la tierra como material de construcción?
SI…….NO…..

8.- En caso que si: la enseñanza ha tenido connotación
a)Positiva
b)Negativa
c) Neutral

9.- ¿Cuál crees que es mejor aislante térmico?.
Aislante térmico : (aísla del calor/frío del exterior manteniendo una temperatura adecuada en el interior).

a)Pared de adobe
b)Pared de ladrillo
c)Pared de madera

10.- ¿Crees que una construcción con tierra pueda resistir a los sismos?
a) Sí, si es que se le da un reforzamiento especial
b)No, creo que es muy riesgoso construir con tierra

11.- ¿Crees que una casa de tierra pueda tener instalaciones de luz, agua y desagüe con igual facilidad y eficacia que una construcción con ladrillo?
a)Si, luz
b)Sí, agua y desagüe
c)Sí, agua
d)Sí, desagüe
e)No, ninguna

12.- ¿Crees que una casa de tierra podría ser construida de tal manera que brindase las mismas comodidades que una casa de ladrillo?.
SI…….NO…..

13.- ¿Te imaginas que puede construirse una casa moderna con tierra?
SI…….NO…..

14.- Las técnicas tradicionales de construcción con tierra en nuestro país han sido heredados de generación en generación te parece importante conservarlas?
SI…….NO…..

Porqué?
……
……
……

15.- Responde si eres estudiante de arquitectura o ingeniería civil:
Has tenido interés en aprender sobre la construcción con materiales tradicionales?
SI…….NO…..

16.- Si tu respuesta es sí, ¿has tenido/sabes a dónde/quién acudir para aprender dichos conocimientos?
a)No, en mi universidad no hay la posibilidad de aprender sobre eso, y no sé cómo aprender.
b)No, así que voy a aprender por mi cuenta
c) Si, puedo acudir a ……

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA: UN EJEMPLO PARA LAS POLÍTICAS PÚBLICAS COMO FOMENTO AL DESARROLLO COMUNITARIO

Andrea Venegas Torres

Arquitecto Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
landrea.mvt@gmail.com;organicabioarquitectura@gmail.com

Palabras claves: Políticas públicas,Autosuficiencia, Desarrollo Comunitario.

Resumen

Esta ponencia explora las limitaciones de las políticas públicas en torno a las posibilidades del desarrollo de proyectos de viviendas sociales financiados por el estado, con sistemas no regulares de construcción, como la construcción y el desarrollo de un caso en torno a la sostenibilidad, en donde se instalan sistemas constructivos con técnicas mixtas con tierra, generados por el incentivo propio de la comunidad, los cuales, son un reflejo de prácticas exitosas en el desarrollo comunitario.

Se examina el proceso de acreditación de los materiales, y en el caso de la vivienda social subsidiada, su relación con las soluciones constructivas existentes dentro de los Listados Oficiales del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (estandarizadas y comercializadas).

Se presenta un caso de estudio denominado “Comunidad Ecológica Bello Barrio”, que luego de años de trabajo encaminados a la obtención de un subsidio de vivienda social (FSV I y FSV II) y enfrentados al obstáculo económico que representa la certificación de una solución constructiva, deciden abandonar esta vía, pues apuestan por la utilización de materiales y técnicas apropiadas con fines sostenibles, como es el caso de la construcción con tierra en técnicas mixtas y el uso de materiales reciclados. Bajo este concepto proyectan un sueño que según sus inquietudes responde al auto sustento social, económico y ambiental, ofreciendo soluciones que enfrenten sus problemáticas frente a la vulnerabilidad y la superación de la pobreza.

Es por esta razón que empecinados en su búsqueda logran conseguir el apoyo de fondos internacionales, con los cuales han logrado financiar un terreno en la Comuna de Limache y construyen el primer prototipo de vivienda piloto, realizada con técnicas mixtas de construcción con tierra y tecnologías apropiadas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

Actualmente en Chile, para acceder a los subsidios del Fondo Solidario de Vivienda, es necesario que las soluciones constructivas presenten acreditaciones de cumplimiento térmico, acústico y contra el fuego. Para satisfacer esta demanda existe un amplio abanico de soluciones constructivas dentro del Listado Oficial de Soluciones Constructivas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2012a, 2012b, 2012c). Éstas son estandarizadas y se ofrecen dentro de la industria comercial de la construcción. En el caso que el proyecto contemple variantes a estas soluciones es necesario que se acrediten de forma particular mediante ensayos de laboratorio.

Para los casos de subsidios regulares en vivienda social, estos ensayos encarecen el capital inicial de ejecución para la postulación, por lo que resulta difícil acceder a ellos, entendiendo que se trabaja con un presupuesto limitado, lo que desincentiva la ocupación de nuevas técnicas no comercializadas, como es el caso de las construcciones mixtas con tierra. A pesar de esto, la construcción con tierra se ha ocupado del desarrollo y capacitación de distintos proyectos de impulso en la superación de comunidades vulnerables a nivel mundial, al ser un recurso abundante y de fácil acceso económico, utilizándolo como una herramienta de trabajo y autosuficiencia.

Ejemplo de este proceso de desarrollo social y comunitario, integrando las posibilidades y beneficios que permite la construcción con tierra en torno a un marco de autosostenibilidad y diseño ecológico es el caso de la "Comunidad Ecológica Bello Barrio", ubicada en la comuna de Limache, V Región, Chile.

1.2 Sostenibilidad entorno a la vivienda y el capital social.

La vivienda social es una respuesta que va más allá del cobijo y la protección, es multifocal en cuanto su concreción eficiente debe componer y relacionar aspectos constructivos psicosociales, educativos y emprendedores, de manera que logre sustentar su totalidad en el tiempo. Su acierto habla de la relación entre el hombre y su entorno, y cómo la vivienda es el puente que vincula ambas partes.

Un estudio realizado por FONDEF – CONICYT ilustrado en "Bienestar Habitacional: Guía de Diseño para un Hábitat Residencial Sustentable" elaboró un diagnóstico realizado al estado de la vivienda social en conjuntos sociales, definiendo que en ella se presenta una serie de problemas relacionados con escalas de intervención, las necesidades de sus futuros habitantes, la inadecuación de la vivienda a las condiciones físicoambientales y las falencias de diseño en el hábitat residencial.

Éste declara que *la habitabilidad está determinada por la relación y adecuación entre el hombre y su entorno y se refiere a cómo cada una de las escalas territoriales es evaluada según su capacidad de satisfacer las necesidades humanas* (Bienestar Habitacional, 2004, p.14). Expone la relación entre el bienestar habitacional y la sostenibilidad en cuanto el uso de un enfoque sostenible en la arquitectura debe ser considerado de gran relevancia en el hábitat residencial en Chile, en donde usualmente tiene relación con problemas de índole térmico en las construcciones, lo que generalmente propone abordar las temáticas de manera aislada, sin considerar la visión ecosistémica e integral (Bienestar Habitacional, 2004).

La conformación espacial y funcionalidad de la vivienda social debe considerar un diseño arquitectónico óptimo, flexible al crecimiento orgánico y que incluya elementos y materiales constructivos que aseguren en conjunto su sostenibilidad en el tiempo. Para potenciar este capital se deberían entregar herramientas de capacitación que estimulen su mejoramiento por parte de sus habitantes, transformando la vivienda en un recurso permanente, que permita realizar diversas intervenciones en sus recintos, permitiendo así alcanzar niveles idóneos de identidad y extensión espacial.

1.3 Sostenibilidad y sistemas constructivos con tierra

El concepto de sostenibilidad se funda en el reconocimiento de los límites y de las potencialidades de la naturaleza, así como en la complejidad ambiental. Promueve una nueva alianza naturaleza-cultura, fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y construyendo una nueva cultura política que renueva los modos de vida y las formas de habitar el planeta Tierra, entre otras cosas.

En este contexto los costos de la urbanización en la economía global resultan un gran problema, pues consumen recursos intensivamente. Los sistemas centralizados y a gran escala son, casi sin excepción, más dañinos para el medio ambiente que la producción adaptada a las necesidades locales, diversificada y de pequeña escala. Es esencial apoyar sistemas inteligentes y modelos económicos basados en un verdadero entendimiento de la diversidad de las regiones. Las ciudades, territorios y propuestas de conjuntos habitacionales pueden recobrar su carácter regional, ser más habitables y menos nocivos para el medio ambiente, dirigiendo su actividad económica hacia los recursos naturales locales.

Según el Profesor e Ingeniero Armando J. Velázquez (2004) en términos de vivienda sostenible se considera que debe irse al territorio, a la localidad, con identidad sociocultural y potencial productivo integrador para así lograr mejoras habitacionales, ecológicas, desarrollo de la economía, impulsos de servicios escasos, etc., lo cual conducirá a acciones activas productoras y autoenergéticas, es decir autosostenibles.

En este sentido la construcción con tierra ha sido desde siempre una de las herramientas más considerables en cuanto a recursos locales, economía, desarrollo sociocultural, identidad y factores de consideración medioambientales relacionados al desarrollo sostenible y la autosostenibilidad. La arquitectura vernácula con tierra es reflejo de la identidad de una comunidad y de sus relaciones con el territorio y la biodiversidad que éste contempla. Al ser testimonio de la cultura refleja en su construcción el desafío bioclimático, las características y los recursos del entorno. Es versátil y se desarrolla en constante transición, lo que lo hace que el modelo se pueda adaptar a las necesidades y requerimientos de los habitantes.

Los modelos de técnicas mixtas y las nuevas propuestas de sistemas constructivos contemporáneos permiten además ampliar las posibilidades constructivas de la tierra, reduciendo los tiempos y/o costos, facilitando procesos de capacitación y favoreciendo la autoconstrucción asistida, generando construcciones de alta calidad térmica y acústica, asegurando su resistencia y comportamiento estructural, pero sobre todo creando espacios absolutamente sanos, no sólo para sus habitantes, sino también para el planeta.

2. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN LA POLÍTICA PÚBLICA

2.1 Introducción

Actualmente en Chile, para poder postular a fondos estatales en relación a obras de construcción, es necesario que éstos cumplan con lo establecido en la Ley General de Urbanismo y Construcción (L.G.U.C) y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C), (Ministerio, 2011) vigente al año de las postulaciones. Ambas establecen los requisitos necesarios para la viabilidad de las construcciones, condiciones que son a su vez reguladas por las Normas Chilenas (Nch).

Ya sea para postulaciones a licitaciones públicas o subsidios de vivienda, la ordenanza chilena exige que las obras acrediten su cumplimiento para las Normativas de acondicionamiento acústico, de protección contra el fuego y para el acondicionamiento térmico. Éstas quedan determinadas en relación al diseño, ubicación y destino de la obra, según los elementos que conforman la solución constructiva que se quiere utilizar.

Para estas tres acreditaciones existen posibilidades constructivas regulares y normalizadas, inscritas en los Listados oficiales de soluciones constructivas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2012a, 2012b, 2012c). .

2.2 Acreditaciones para las soluciones constructivas con tierra

En Chile no se ha profundizado lo suficiente en el desarrollo, estudio e investigación necesario de la construcción con tierra, por lo que estas técnicas no son abordadas dentro de la normativa actual. Este mismo desconocimiento se amplía a las distintas regularizaciones que existen y deben ser acreditadas para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos.

En el caso de una construcción de tierra con técnica mixta (en donde la tierra no es un componente estructural) para poder certificar el sistema constructivo deseado, es necesario que la propuesta acredite tres cumplimientos: de acondicionamiento acústico, de protección contra el fuego y acondicionamiento térmico. Además de esto se debe acompañar la propuesta de un cálculo estructural.

Para dar cumplimiento a estas acreditaciones es necesario obtener un Certificado de Ensayo aprobado, otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo reglamentado por el D.S.Nº 10, (V. y U.), de 2002 (como IDIEM, Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales, institución dependiente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y/o DICTUC, Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica

de Chile), para lo cual es necesario construir un módulo de prueba[1], o los que sean necesarios, para realizar los ensayos hasta que se apruebe la solución constructiva.

En el caso de la acreditación para el acondicionamiento térmico es posible obtenerla también por medio de un cálculo efectuado por un profesional competente, el cual deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en la norma NCh853 (2007), demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre, muro y piso ventilado. La norma determina un valor de conductividad térmica genérico para la arcilla y la arena, lo que desfavorece el valor del material (al no ser regular se determina uno genérico con el fin de ampliarlo) Por otro lado resulta difícil medir el valor térmico del material a utilizar[2], pues cada mezcla tiene valores y componentes distintos.

2.3 Problemáticas para las postulaciones a los FSV

En el caso de los proyectos que aspiran a los Fondos Solidarios de Vivienda, otorgados por el SERVIU, resulta complejo establecer nuevas soluciones constructivas, alternativas a las existentes en los Listados oficiales del MINVU, cuando no se tienen los recursos necesarios o no se quiere lucrar o comercializar la técnica, pues su acreditación, que debe ser otorgada por un laboratorio con inscripción vigente, tiene costos elevados (entre 20 y 40 UF c/u, los cuales dependiendo de los resultados podrían tener que realizarse más de una vez, construyendo el módulo de prueba en cada caso) en relación a los montos que otorga el subsidio de vivienda social. Por otra parte, la posibilidad de innovar en las técnicas dentro de los procesos de subsidio habitacional queda fuera de contexto, pues estos están sujetos a tiempos, valores y costos, más allá de las buenas prácticas o resultados que se quisieran obtener al implementar nuevas iniciativas constructivas.

Además de los gastos correspondientes a la obra, la entidad patrocinante del proyecto (antigua EGIS, Entidad de Gestión Inmobiliaria Social) debe financiar en principio gastos referentes a labores, acreditaciones y trámites previos al ingreso para la postulación del proyecto (factibilidades, mecánica de suelos, cálculos estructurales, anteproyecto, etc.), los cuales pueden pasar por largos procesos de revisión hasta su aceptación, tiempo que, por otro parte, deja a la espera a familias a las que les urge una pronta solución.

3. PRESENTACIÓN DEL CASO

3.1 Historia

Desde el año 2000 un grupo de ciudadanos comienza a habitar y conformar las tomas en la cumbre del cerro San Roque, en Valparaíso, reuniendo a un número aproximado de 110 personas, en un total de 28 familias. Ante el hacinamiento y la falta de instalaciones básicas como luz eléctrica, agua potable, soluciones sanitarias y una vivienda a lo menos resistente a las condiciones climáticas, además de la cesantía y los trabajos esporádicos, los habitantes de la toma quedan situados bajo la línea de la pobreza (Encuesta CAS II, Municipalidad de Valparaíso). En Mayo del año 2002 nace la necesidad de reunirse entre la comunidad, organizarse y buscar soluciones que abarquen sus problemáticas. En Julio del mismo año nace la organización Comunitaria Funcional “Comité de Vivienda Altos de San Roque”.El Comité plantea que sólo colectivamente se puede solucionar la problemática de la vulnerabilidad, en camino a la superación de la pobreza, siendo necesario buscar en ellos las soluciones y las instancias que les permitan cubrir y resolver sus necesidades. Según Durston (1999, p.115), *la confianza, la cooperación, la identidad compartida y la reciprocidad creadas en la comunidad pueden reproducirse entre los dirigentes, a fin de ‘trasladar’ el capital social de pequeñas comunidades al plano microrregional*. En este primer proceso identifican dos objetivos principales: la obtención de una vivienda digna y un sistema organizado de trabajo en comunidad.

Desde allí, se plantea un sistema de trabajo organizado por “Ministerios”, término con el cual definen sectores dentro de la organización, encargados de resolver y velar por el desarrollo de distintas áreas: Obras, Educación, Cultura, Trabajo, Salud, etc. Los Ministerios trabajan buscando soluciones en dirección a sistemas o procesos con enfoques autosostenibles.

Bajo el concepto de la autosostenebilidad vislumbran un procedimiento y estrategia que les permite generar y facilitar herramientas y responsabilidades, con el fin de cubrir sus necesidades, y que movilizadas por un motivo común pudiesen concretar un espíritu de comunidad, potenciando el capital social existente.

3.2 Hacia un Bello Barrio

Bajo el marco de la autosostenebilidad y el trabajo en red, el Ministerio de Obras y Desarrollo Comunitario considera que la vivienda y el barrio no sólo deben ofrecer una solución al tema de la habitabilidad, sino que también deben funcionar como una plataforma y herramienta ante la vulnerabilidad y la calidad de vida de sus habitantes. Las soluciones espaciales contemplarán entonces situaciones que den lugar y cabida al capital social existente, en donde los espacios comunitarios construyan identidad y relaciones barriales.

Para llevar a cabo el proyecto acorde a los objetivos propuestos deciden utilizar técnicas de construcción con tierra y elementos reciclados, ya que la tierra es un recurso que se encuentra en el lugar, posibilita que los costos de construcción sean bajos, puede ser de rápida ejecución, permite la capacitación de la comunidad en el proceso de construcción, fomenta la autoconstrucción, potencia la eficiencia energética y la calidad de vida, todo esto enmarcado en la organización y el desarrollo del trabajo comunitario del barrio.

La proyección de este sueño común lo denominan Bello Barrio (figura 1); un barrio que a través de su programa integre espacios privados (la vivienda) y permita el desarrollo del capital social a través de múltiples espacios comunitarios. Los elementos de un diseño comunitario y de sostenebilidad se debían incorporar en todos los aspectos del diseño, desde la proyección urbana y arquitectónica, dando lugar al desarrollo social, las relaciones barriales y la construcción de una identidad comunitaria, hasta los elementos constructivos (materiales renovables, reciclados, naturales) y los complementos para las soluciones energéticas y sanitarias.

Figura 1. Proyecto Bello Barrio: Antecedentes, objetivos y programa del barrio

Contemplan que el territorio y el entorno de este proyecto debe emplazarse en una situación urbano-rural, por lo deciden trasladarse a la comuna de Limache, V Región, Chile. Limache aparece como la locación ideal para este proyecto pues se emplaza en un pequeño valle fértil, a solo 45 km de Valparaíso. De actividad principalmente agrícola, está provista de buen clima, suelos fértiles y biodiversidad, lo que se considera importante para el desarrollo de cultivos y la obtención de recursos dentro del proyecto.

Así mismo, buscaron un profesional capacitado en técnicas constructivas con tierra y materiales reciclados, lo que los lleva a encontrar el apoyo en diseño y gestión a manos del arquitecto Rodrigo Rogaler[3], quien había construido anteriormente con un sistema constructivo compuesto de pallets reciclados, relleno liviano de paja y revoque de barro.

Dentro de este enfoque es que hasta el año 2010 el Comité desarrolló e integró trabajos de capacitación en distintos aspectos de sostenibilidad y diseño, como intervenciones de construcción con tierra, huertos, baños secos, lombricultura, voluntariados esporádicos y permanentes y el desarrollo de estudios por parte de estudiantes extranjeros y chilenos aplicados a su caso, desde el punto de vista social y arquitectónico.

3.3 Programa, diseño y materialidad (figura 2)

Cerca del año 2010 y ya con varios años de trabajo, el comité encuentra un terreno en Limache sobre el que se decide proyectar la propuesta del barrio, se trabaja en el programa y el diseño urbano y de la vivienda esperando una pronta postulación a los Fondos Solidarios de Vivienda y Urbanismo. Se define el programa para dar cabida a 16 unidades de vivienda, entendiendo que la comunidad debe ser pequeña para generar una plataforma que permita un desarrollo sostenible. Así mismo, la proyección de espacios comunes integrados a todo el loteo movilizará la organización y el desarrollo del capital social, por lo que se plantean múltiples espacios, compuestos por una sede comunitaria, una biblioteca y ecoescuela, una hospedería para recibir voluntarios, talleres productivos, una agroplaza, cancha de producción agrícola, multicancha, servicios y bosque productivo. El proyecto pretende ser a la vez un motor de ejemplo al desarrollo comunitario del entorno vecino y el territorio, estableciendo redes de gestión, educativos y de recursos.

Los distintos diseños que se proyectaron para la vivienda establecían un espacio principal construido de 45 m^2 de base (aproximado) con una primera proyección de ampliación a 55 m^2, según lo establecido en el cuadro normativo de espacios mínimos requeridos para la postulación a los FSV I y FSV II, del Decreto Supremo 174, decreto que normaba los programas de vivienda en el año 2010. El amplio tamaño de los loteos (300 m2 por lote de vivienda) permite que la construcción pueda seguir ampliándose de manera progresiva. Se propone un diseño inicial base que permita la proyección y ampliación de la vivienda en etapas, según el tipo de usuario y sus requerimientos, permitiendo ampliar espacios comunes o privados, en la planta baja o alta, etc.

Se prevé en el diseño la posible utilización de tecnologías apropiadas, en cooperación con los subsidios gubernamentales para la instalación de termopaneles. Además se dejará proyectado un muro sólido de masa térmica con salidas de aire para que el beneficiario pueda instalar a futuro un muro trombe y las instalaciones sanitarias y de agua potable quedaran provistas de conexiones que a futuro permitan instalar en ellas sistemas de reutilización de aguas, como biofiltros o la instalación del sistema tohá.

Para los muros de las infraestructuras se determina el uso de una técnica mixta de construcción con tierra, compuesta de una estructura de madera y pallets reciclados, tratados, rellenos con aislante de fibra natural (paja de trigo) aglutinada con lechada de barro, y recubiertos con estuco de barro, con terminaciones finas en tierra o cal. Para las ventanas se proyectan ventanales colectores suecos de triple vidrio con dos cámaras de aire y escotillas de ventilación cruzada y para los cimientos la utilización de sacos de geotextil reciclado, rellenos con maicillo y un 15% de suelo arcilloso (superadobe).Para concretar la autoconstrucción se prevé la capacitación de los beneficiarios en las distintas técnicas, lo que permitirá un avance independiente y ahorro económico de los habitantes en el desarrollo y ampliación de su vivienda a largo plazo.

Figura 2. Factores de diseño, propuesta de diseño de la vivienda y materialidad.

3.4 Financiamiento y problemática de desarrollo

Para el financiamiento del proyecto el Comité considera tres caminos:

- Postulaciones a los Subsidios Habitacionales de los Fondos Solidarios de Vivienda FSV I y FSV II: 320 UF por familia, según DS174, MINVU (2010).

- Sustentos internacionales de organizaciones como CASA para CHILE e.V (www.casa-chile.de), organización Alemana de apoyo social

- La donación de un particular francés que motivado por el proyecto les ofrece la posibilidad de comprar un terreno ubicado en Avenida Eastman, paradero 8, Limache, con cerca de 1,6 Ha.

A finales del año 2010, ya con un proyecto de arquitectura concreto de vivienda y urbanismo, la posibilidad de postular a un subsidio de vivienda se ve lejana, pues las condiciones y objetivos a las que aspira el comité no coinciden con las posibilidades regulares que ofrece el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Si bien las soluciones constructivas a desarrollar, tenían el respaldo y cálculo estructural por parte de un profesional, no se encontraban dentro de los Listados Oficiales de Soluciones Constructivas del MINVU, por lo que para asegurar su cumplimiento era necesario obtener los certificados correspondientes mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, demostrando el cumplimiento de resistencia al fuego y la transmitancia o resistencia térmica (en este caso no se exigía un ensayo de cumplimiento acústico, pues el diseño proyectaba viviendas aisladas).Ambos ensayos, ejecutados en cualquiera de los laboratorios con inscripción vigente, tenían un valor que hasta el momento no podía ser sustentado por ellos, o por el arquitecto que les apoyaba en el diseño. Esta suma de factores, un capital inicial limitado a los subsidios de vivienda social entregados por el SERVIU respectivo y una serie de propuestas no regulares

o estandarizadas con un largo camino por delante para su aprobación, desmotivó a las EGIS con las que el comité había entrado en conversaciones para realizar la postulación.

A principios del año 2011, con un panorama complejo frente a las postulaciones públicas y sus exigencias, y un terreno que estaba pronto a concretarse, el Comité decide dejar de lado la posibilidad de obtener sus viviendas por medio de los subsidios. Así, una vez comprado el terreno a principios Marzo del 2011, el Comité sigue un camino independiente, buscando recursos gracias al apoyo y gestión de los diferentes organismos y particulares extranjeros que hasta el minuto les habían facilitado ayuda. De esta manera postulan a través de CASA para CHILE a fondos Alemanes con causas sociales, los que les otorgan un monto aproximado a los 12 millones de pesos, con los que deben construir una casa piloto que incorpora un mecanismo sanitario de Sistema Tohá.

3.5 Capacitación y construcción de la casa piloto (figuras 3 y 4)

Desde Enero del año 2012 comienza la construcción de la vivienda piloto, con la finalidad de aprender la técnica, promover capacitaciones y construir una infraestructura que a futuro será destinada como un Hostal, ya sea para particulares interesados en conocer el proyecto o para voluntarios, con el fin de generar recursos mediante este espacio. Según las condiciones de los fondos por los cuales se obtuvo el dinero para la construcción, la vivienda debe terminar su proceso de construcción para finales de Abril del año 2013.

Se trata de la construcción de un módulo en forma de hexágono de unos 29 m^2 construido con cimientos de superadobe, sacos de geotextil reciclados rellenos con maicillo y un 15% de arcilla, estucados en hormigón armado con malla acma, y sobrecimientos de hormigón armado, con la proyección de un piso de madera. Para los muros se utilizó con una estructura de madera y pallets reciclados y tratados con Silbor, rellenos con un aislante de paja de trigo aglutinada con barbotina, recubiertos en una malla tipo Vector, revocados con una mezcla de barro, hecha con tierra del terreno (15% arcillosa), paja de trigo y nopal. También se utilizó barro reciclado del rescate de los ladrillos de una casa de adobe en mal estado que se encontraba en el terreno al momento de comprarlo. Para su terminación se han utilizado revoques finos en tierra e impermeabilizantes como el nopal o aceite de linaza.El techo está elaborado con una estructura autoportante de polines de madera con un cielo de machimbrado, el cual tiene la intención de terminarse como un techo vivo. Además se incorporó un baño adosado a la habitación, de 6 m^2, el que tiene un sistema Tohá como solución sanitaria.

Figura 3. Proceso constructivo y capacitación de la comunidad para la construcción de la fundación.

Figura 4. Proceso constructivo y capacitación de la comunidad en la construcción de la vivienda.

Hasta el momento la construcción de la vivienda se ha desarrollado gracias a la asesoría del arquitecto Rodrigo Rogaler, quien ha aplicado esta técnica en múltiples construcciones particulares, además de trabajar con diferentes herramientas en diseño sostenible. La gestión y guía del proyecto quedó bajo la responsabilidad del "Ministerio de Obras y Desarrollo Comunitario" a cargo de Mauricio Godoy. Así mismo, el "Bruja", dirigente y encargado de la gestión de redes a nivel internacional ha participado de todo el proceso constructivo y es responsable de la administración de la obra. Para la construcción y mano de obra se han desarrollado talleres, introducciones y capacitaciones en la técnica, con la participación del Comité y la ayuda de voluntarios chilenos y extranjeros, interesados en el proyecto y sus propósitos. Según la percepción de sus mismos habitantes y constructores, hasta el momento la obra se destaca por su calidad por tener excelentes condiciones acústicas y térmicas. Además rescatan las posibilidades que les brinda la técnica en cuanto a la obtención de los recursos y el acercamiento constructivo que han logrado introducir en ellos mismos. La capacitación les ha entregado herramientas que les ha permitido probar, perfeccionar y solucionar la técnica a medida que han avanzado en la construcción.

3.6 Desarrollo educativo y comunitario

Desde su llegada a Limache el proyecto ha tenido la intención de incluir a su entorno y estar abiertos a la comunidad, aplicando una biopolítica sociable. Por lo que en este proceso han colaborado en distintas iniciativas:

a. Integrándose al Comité de Pavimentos de la Comunidad La Paloma, organización de su entorno actual.

b. Participando en una red de organizaciones comunales llamado Tierra Nueva, donde organizan charlas, foros, actividades y movimientos de difusión.

c. Participando en el colegio público-privado Amancay (comuna de Limache), en donde han realizados talleres con propuestas ecológicas y foros de discusión.

d. Incentivando y difundiendo el proyecto de la Comunidad Ecológica Bello Barrio a través de la interacción de voluntarios, festivales culturales, talleres prácticos, mingas constructivas, etc.

A través de esta abertura es que el proyecto ha ido creciendo e incentivando la participación de la comunidad conjunta. Hoy, no sólo vecinos y voluntarios reconocen el trabajo y la propuesta innovadora de esta comunidad. Instituciones como Un Techo Para Chile o la carrera de Restauración Patrimonial del DUOC UC se han acercado al proyecto, con la intención de conocer la organización, su desarrollo y funcionamiento, o para tomar talleres de construcción en técnicas de construcción con tierra.

En el futuro Bello Barrio tiene la intención de seguir desarrollando y mejorar su propuesta de comunidad sostenible, avanzando en los proyectos de huerta y agricultura orgánica existente, aprovechando la tierra y sus recursos para producir y vender productos, además de seguir incorporando sistemas de energías apropiadas y reciclaje como biofiltros, humedales, paneles solares, etc. Así mismo, aplicando lo aprendido se concretará la construcción de las viviendas de todos los habitantes pertenecientes al comité. Finalmente, existe la intención de generar un proyecto llamado “Bello Barro”, con la intención de promover la experiencia adquirida y obtener recursos para poder seguir perfeccionándose en las posibilidades que les ofrece la tierra y su universo constructivo.

4. CONCLUSIONES.

El trabajo en torno a la construcción con tierra, como es el caso de Bello Barrio, puede generar prácticas ejemplares de incentivo comunitario y desarrollo social entre los pares, de lo cual se concluye que más que un sistema constructivo, mediante estas prácticas se generan formas válidas de trabajo en conjunto, que forja confianzas y entendimiento, lo que a la larga decantará en el diario vivir que consolida al barrio.

En Chile la falta de normativa y regularización respecto a la construcción con tierra dificultan la utilización de estas prácticas dentro de los sistemas subsidiados por parte del Estado. Si bien es posible ejecutar obras de construcción con tierra y certificar las soluciones constructivas a utilizar, generalmente estas se concretan en casos particulares y de dominio privado. Aun cuando se han utilizado recursos estatales para la reconstrucción de obras en tierra, estas soluciones y sus acreditaciones no quedan registrados dentro de algún listado o sistema público que permita acceder a una solución, aun cuando sea de manera genérica. El desconocimiento, la carencia de investigación y de estudios al respecto dificultan los procesos de desarrollo de estas técnicas.

En el caso de los Fondos Solidarios de Vivienda otorgados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, los cuales deben asegurar un nivel de calidad, las limitaciones hacia la ocupación de estas iniciativas se encuentran en diferentes aspectos. Por una parte las soluciones normalizadas por parte del Ministerio hoy tienen una relación estrecha con las posibilidades de comercialización por parte de privados, sin tomar en cuenta o indagar en nuevas propuestas constructivas que podrían dar cabida no solamente a soluciones constructivas de alta calidad, sino también a una herramienta que fomenta el autosustento y permite la capacitación asistida por parte de sus usuarios. Por otra parte, los procesos de postulación exigen largos conductos y tramitaciones que deben ser gestionados y financiados por Entidades Patrocinantes, las cuales generalmente son parte de las mismas constructoras que se adjudican los proyectos una vez obtenidos los subsidios, con lo cual la aplicación de técnicas que demoren, dificulten o encarezcan estos procesos no parece atractiva en absoluto.

Para abrir las posibilidades de la construcción con tierra a los subsidios de vivienda sería necesario fomentar la investigación y acreditación de estas técnicas, aunque sea de manera genérica, por parte de organismos acreditados (Laboratorios y/o Universidades) gestionados y financiados por parte del mismo Estado, asumiendo en esto la responsabilidad de abrirse hacia nuevos paradigmas de construcción e innovación, respondiendo a los problemas ambientales actuales y rescatando también el valor de técnicas que han sabido responder a desafíos estructurales y climáticos extremos, y que con la ayuda de nuevos procesos tecnológicos pueden llegar a perfeccionarse aún más, haciendo de éstas una posibilidad real a la que todos, sin importar el origen, puedan acceder.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bienestar Habitacional (2004). *Guía para un hábitat residencial sustentable.* Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de la Vivienda, Universidad Técnica Federico Santa María, Fundación Chile. Santiago: Ed. Instituto de la Vivienda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Durston, J. (1999) *Construyendo capital social comunitario*. Santiago: Ed. Revista de la CEPAL 69.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2002). *Decreto Supremo nº 10.* Santiago: Ed. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. División Técnica de Estudio y Fomento

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2010). *Texto actualizado del Decreto Supremo nº174 (V.yU.), 2005.* Santiago: Ed.División Política Habitacional. División Jurídica.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2011).*Ordenanza general de urbanismo y construcciones*. Santiago: Ed. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2012a). *Listado oficial de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción.* Santiago: Ed. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Dirección Técnica.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2012b). *Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico.* Santiago: Ed. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Dirección Técnica.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2012c). *Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico.* Santiago: Ed. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Dirección Técnica.

Norma Chilena Oficial Nch853 (2007). *Acondicionamiento térmico- Envolvente térmica de edificios- Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas*. Santiago: Ed. Instituto Nacional de Normalización.

Velázquez, A. (2004) *Indicadores de evaluación de la sustentabilidad de los proyectos de viviendas.* Santa Clara: Ed. Monografías. Disponible en http://www.monografias.com/trabajos15/sustentabilidad/sustentabilidad.shtml

Notas

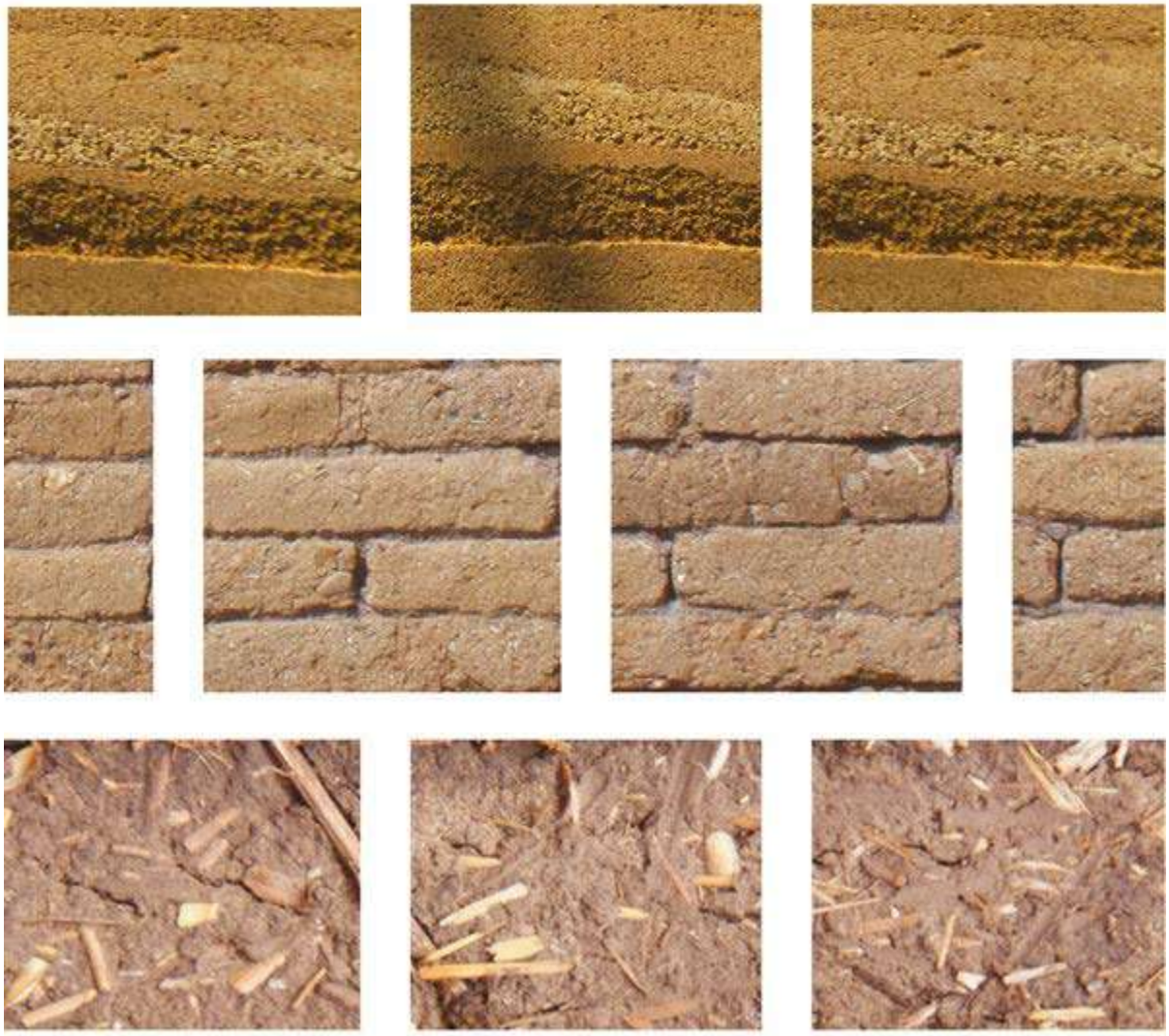
(1) En el caso del módulo de prueba para la acreditación de cumplimiento de protección contra el fuego, el ensaye se realiza sobre sobre una solución constructiva de tamaño real, de 2 m x 2 m para elementos verticales y 3 m x 4 m para elementos horizontales, siendo éste ejecutado por algún laboratorio inscrito, sometido a las condiciones de temperatura y tiempos establecidos.

(2) La norma Nch853 determina valores genéricos para la arcilla, la arcilla expandida, la arena, el adobe y la madera e incluye algunos elementos que se podrían considerar para un relleno de aislación natural (como el aserrín de madera).

(3) MaucoBiotectura Ltda., www.maucobiotectura.cl

Curriculo

Andrea Venegas Torres, Arquitecto, PUCV. Diplomada en Educación para el desarrollo Sustentable, Usach. Investiga y transfiere sus conocimientos de tecnologías en tierra y vivienda sostenible a través de cursos y talleres. Incentiva el desarrollo social, cultural y comunitario a través de proyectos (CNCA y UTPCH). Expone Tesis de Grado: Barrio Social Vernácula, SAC.



13º SIACOT Valparaíso-Chile

Material Universal, Realidades Locales

13º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción en Tierra (SIACOT)